

विज्ञान-परिपद् ग्रन्थमाला—संख्या २

महामहोपाध्याय पंडित गङ्गानाथ भूषा, एम्. ए., डी. लिटि.
एल-एल. बी. द्वारा सम्पादित

ताप

लेखक

पंडित प्रेमबल्लभ जोशी, बी. एस-सी.
श्री विश्वम्भरनाथ श्रीवास्तव, एम. एस-सी.

प्रकाशक

विज्ञान-परिपद्, प्रयाग

प्रकाशक—

विज्ञान-परिषद्, प्रयाग ।



मुद्रक—

वा० जीवनलाल,
कला प्रेस, प्रयाग ।

सम्पादकीय वक्तव्य

यह विज्ञानपरिपद् ग्रंथमालाकी दूसरी पुस्तक है। विज्ञान-प्रवेशिकाका जो आदर पाठक मंडलीमें हुआ और उसके ऊपर जो पत्र सम्पादकीकी कृपा हुई उनसे प्रोत्साहित होकर परिपत् इस दूसरे ग्रन्थको पाठकोके सामने रखती है। यदि पूर्ववत् कृपा बनी रही तो इसी तरह और भी विज्ञानके प्रत्येक प्रधान विषय पर छोटी छोटी पुस्तकोको प्रस्तुत करनेका प्रबन्ध परिपत्की ओरसे होता रहेगा।

विज्ञान, इतिहास आदि विषयोका मातृभाषामे ही पढ़ाना उपकारक है यह सिद्धान्त अब इसी देशमें भी स्वीकृत हो रहा है। पर यथार्थ उपकार तभी होगा जब ऊंचे दरजेकी भी शिक्षा मातृभाषामे ही होगी। जबतक ऐसा नहीं होता तबतक कुछ हनिको सम्भावना है। सिद्धान्त स्वीकृत होगया है और नीचे दरजोंमें इसके अनुसार व्यवहार भी होगा तब कुछ दिनों मे इससे जो उपकार और इसके आधे व्यवहारसे जो हानियां होंगी इनको देखकर बुद्धिमान् लोग स्वयं इसके पूर्ण रूपसे व्यवहारकी भी आवश्यकता समझेंगे और तदनुसार व्यवहार करेंगे, इसमे सन्देह नहीं। तबतक जितना ही व्यवहार स्वीकृत हुआ उसीके लिए धन्यवाद करना परिपत्का कर्तव्य है।

योग्य रचयिताने विज्ञानप्रवेशिकाके ढंगपर ही विज्ञानके इस दुरूह विषयको जैसा सरल कर दिया पढ़नेसे स्पष्ट होता है। साहित्य प्रेमी पहली संख्याकी भांति इसका भी यथेष्ट आदर करेंगे।

विज्ञानप्रवेशिकाका उर्दू प्रतिरूप छपकर तैयार हो गया है। हिन्दी प्रवेशिकाकी तरह इसका भी आदर उर्दू पाठकोने किया तो 'ताप' का भी उर्दू प्रतिरूप छापनेका प्रबन्ध किया जायगा।

म्योर कालेज--प्रयाग
विजया दशमी १९७२ }

। गंगानाथ भा

द्वितीय संस्करण

हिन्दी पढ़नेवालों की कृपासे इस पुस्तकके दूसरे संस्करणका अवसर आ गया है। यह संस्करण यथार्थमे 'संस्करण' हुआ है। पुस्तकका आकार बढ़ाया गया है, कई अध्याय नये लिखे गये हैं। पहिले लिखे हुए अंशोंका भी सावधानतासे संशोधन किया गया है। संशोधनके समय यही दृष्टि रक्खी गयी है कि पुस्तक अपने विषयकी पूर्ण परिचायिका हो और भाषा भी यथासम्भव सुबोध है। इसी उद्देशसे गणितका अंश जहांतक हो सका कम रक्खा गया है। आशा है इन संस्करणोंको साहित्य रसिक पसन्द करेंगे और परिषत्के उत्साहको बढ़ाकर हिन्दी साहित्य संसारको सुशोभित करनेमे सहायता देंगे।

हिन्दी-साहित्य-सम्मेलनकी परीक्षाओंकी पाठ्यपुस्तकोमे यह पुस्तक नियत की गयी है। 'ताप' का उर्दू प्रतिरूप 'हरारत' नामसे प्रकाशित हो गया है।

संस्कृत कालिज
काशी—
शिवरात्रि १९७५ }

गंगानाथ भा

तृतीय संस्करण

ताप का यह तीसरा संस्करण हिन्दी संसार के समीप उपस्थित है। ५ वर्ष में इस पुस्तक के तीन संस्करण होना ही हिन्दी साहित्य में इसकी उपयोगिता का प्रदर्शक है।

गंगानाथ भा

चतुर्थ संस्करण

१० वर्ष के बाद इस पुस्तक के चतुर्थ संस्करण की आवश्यकता हुई है। इन दस वर्षों में वैज्ञानिक विद्या बहुत बढ़ गई है और कई पुराने सिद्धान्त अब नवीन रूप धारण करने लगे हैं। इसी से इस नवीन संस्करण में पृष्ठ संख्या लगभग दुगनी हो गई है—तृतीय संस्करण में ९६ पृष्ठ थे। इसमें १६० हैं। संस्करण बड़ी सावधानता से की गई है।

इस ग्रन्थ का उर्दू अनुवाद भी विज्ञान परिषद् ने छापा था। इस बात के उल्लेख करते शोक होता है कि उर्दू अनुवादक मौलवी मेहदी हुसेन नासिरी की मृत्यु इसी वर्ष हुई है। मौलवी साहब परिषद् के प्राचीन सेवकों में थे। आशा है उनके ग्रन्थ के भी पुनः संस्करण का अवसर शीघ्र आवेगा जिससे उनकी कीर्ति फिर उज्जीवित हो जाय।

विज्ञान परिषद् का काम अच्छे ढंग से चल रहा है। इसके लिये सञ्चालकों को अनेक धन्यवाद।

विषय सूची

विषय	पृष्ठ
१—ताप पर साधारण विचार	१
२—पदार्थका फैलना	३
३—तापक्रम	९
४—तापमापक	१४
५—ठोसोका प्रसार	३१
६—पानोका प्रसार	४३
७—द्रवोका प्रसार	४९
८—भार मापक	५९
९—वायलका नियम	६४
१०—गैसोका प्रसार	७०
११—गरमीकी मात्रा और आपेक्षिक ताप	८२
१२—गुप्त-ताप	९४
१३—वाष्पयन्त्र-भापका इंजन	१११
१४—गरमीका फैलना	११५
१५—वर्षा, ओस, तुषार	१३७
१६—गरमी क्या है ?	१४७

ताप

१-ताप पर साधारण विचार



ढोमे आग बहुत प्यारी लगती है। आगके पास एक तरहका सुख मालूम होता है। यह सुख शरीरको त्वचा (खाल) से सम्बन्ध रखता है। आँख कान बन्द भी हो तो भी गरमी मालूम होती है। आँखोमे पट्टी बाँधकर कोई आपको एक जलती अँगोठीके पास खड़ा कर दे तो आप तुरन्त जान जायँगे कि आग पास है। ऐसे ही अगर कोई बरफका टुकड़ा हाथ मे रख दे वह आपको ठंडा लगेगा। परन्तु आपसे पूछा जाय कि “ठंडा” या “गरम” किसे कहते हैं तो जवाब देना कठिन हो जायगा। जैसे खट्टा मीठा चखनेसे मालूम होता है, पर सिवाय अनुभवके और कोई लक्षण नहीं बताया जा सकता, उसी तरह गरमी भी अनुभवका विषय है।

एक हद तक गरमी हमे भली लगती है, बढ़ जाने पर हम उसे सह नहीं सकते, बुरी लगती है। यही हाल ठंडकका भी है।

किसी वस्तुको जब हम जानना चाहते हैं तो उसके गुणोकी परीक्षा करते हैं। वस्तुओंकी पहचान उनके गुणो से ही होती है। खड़िया मिट्टी सफेद टुकड़ो मे मिलती है। इसे काले

तख्ते पर रगड़े तो सफेद निशान पड़ जाता है। छूनेमें प्रायः कड़ी होती है, पर पत्थरसे सहज ही चुकनी जा सकती है। तराजू पर तोलो जा सकती है। पानोंमें नहीं घुलती, पर सिरके में घुलती है, सिरका फड़कने लगता है। यह सब गुण खड़िया मिट्टीको पहचनवाते हैं। निदान, किसी वस्तुको हम जानना चाहे तो उसके गुणोंकी परीक्षा करनी होगी।

गरमीके बारे में भी हम विशेष रूपसे कुछ जानना चाहें तो गरमीके गुणोंकी परीक्षा करनी होगी। खड़ियाको जाननेके लिए हम अपनी पांचों इन्द्रियोंसे परीक्षा कर सकते हैं। देख कर रंग रूप, सूँघ कर वास, सुन कर शब्द, चख कर स्वाद और छूकर गरमी, कड़ाई, सरदी, गरमी जान सकते हैं। इसके सिवा तोलकर वजन जान सकते हैं। इसी तरह हम गरमाँके गुणोंकी परीक्षा करना चाहे तो आँख, नाक, कान और जीभ लाचार है, क्योंकि गरमी देखी, सुनी, सूँधी, चखी नहीं जा सकती। अब रहो छूनेकी बात, साँ गरमी छुई नहीं जाती—छुई जाती है वह वस्तुएँ जो गरम होती हैं। यह कहना कि गरमी छुई जा सकती है अशुद्ध होगा। गरमी तो गरम वस्तुओंकी एक अवस्था है जो त्वचासे मालूम होती है, और सभी पदार्थों में होती है। अब रही तोलने की बात। धरती पर जितने पदार्थ हैं उनमें भार होता है। जो वस्तु तोली जा सके वही वैज्ञानिकों की दृष्टि में पदार्थ है। अगर गरमी तोली जा सके तो हमको मानना पड़ेगा कि गरमी एक पदार्थ है। परन्तु गरमी तोली भी नहीं जा सकती। मान लीजिए, आपके पास दो सेर भारी लोहेका गोला है। इसे आप आगमें लाल करके फिर तोले तो तोलमें अन्तर नहीं आएगा। इससे निश्चय हुआ

कि गरमी कोई पदार्थ नहीं है। इन बातों पर विचार करके साधारण रीतिसे यही समझमें आता है कि गरमी वस्तुकी अवस्था है।

वस्तुओंको हम गुणोंके सहारे जानते पहचानते हैं। गुणों को जानने पहचाननेका क्या उपाय हो सकता है ? यह प्रश्न टेढ़ा है, परन्तु अब भी हम कुछ न कुछ उपाय कर हो सकते हैं। हम जानते हैं कि गरमी एक अवस्था है, तो यह खोज अवश्य कर सकते हैं कि जिन जिन वस्तुओंकी यह अवस्था हो जाती है उन वस्तुओंमें इस अवस्था के आने से क्या नयापन आ जाता है, क्या परिवर्तन हो जाता है। आगे चलकर हम इसी बात पर विचार करेंगे।

अभ्यास के लिये प्रश्न

- १—किसी पदार्थ की जानकारी हमें कैसे होती है ?
- २—गरमी की परीक्षा कैसे की जा सकती है ?
- ३—क्या गरमी कोई पदार्थ वा वस्तु है ?

२-पदार्थका फैलना



तल के मुंहमें कांचकी डाट अड़ जाती है, तो लोग बहुधा वोतल के मुंहको बाहरसे चारों ओर गरम करते हैं और डाट तुरन्त निकल आती है। इसका क्या कारण है ? क्यों डाट निकली ? इस प्रश्न के दो उत्तर हो सकते हैं। पहला यह कि वोतलका मुंह गरम होनेसे बड़ा हो जाता है और दूसरा यह कि

डाट छोटी पड़ जाती है। इनमें पहला ही उत्तर ठीक माना जाता है क्योंकि परीक्षा करके देखा गया है कि गरमीसे सब पदार्थ बढ़ जाते हैं।

ससारकी सभी चीजें—ठोस, द्रव या गैस (वायव्य)—तीनोंमें से एक तरहकी अवश्य होती है। इसलिए इस जाँच में, कि गरमी पाकर सभी पदार्थ बढ़कर फैलते हैं, तीनों तरहकी चीजें लेकर गरम करना और गरम ही दशामें नापना उचित होगा। पहले ठोस वस्तुओंकी परीक्षामें एक लोहेका नप्पा हुआ छड़ लाल करके नापें तो लम्बाई कुछ अधिक पायी जायगी। साधारणतः ठोस चीजें गरमी पाकर इतनी ज्यादा नहीं फैल जाती कि देखने में बड़ी लगे। बहुतेरी चीजें तो बहुत आंच देने पर भी बारीक नाप से ही फैली हुई मालूम हो सकती हैं। आजकल कल-पुरजों के युग में इस फैलाव का नापना बड़े महत्व का, बड़ा उपयोगी काम हो गया है। ऐसे अनोखे और अद्भुत यंत्र बने हुए हैं जो यह बतलाते हैं कि कोई वस्तु कितना गरम करने से कितनी बढ़ जाती है। यंत्रों का वर्णन यहाँ वृथा है क्योंकि यह सब लोगों को प्राप्य नहीं है। तब भी एक बहुत ही सीधा सादा यंत्र आप अपने घर बना सकते हैं और इससे आपको यह फैलाव प्रत्यक्ष हो जायगा।

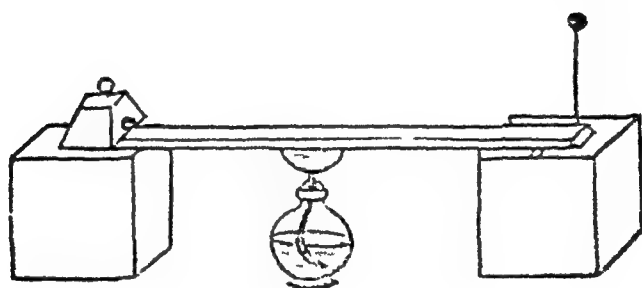
प्रयोग १—एक चपटे और लम्बे लोहे के छड़ को लकड़ी के दो बराबर टुकड़ों के ऊपर इस तरह रखो कि एक सिरा एक पर और दूसरा दूसरे पर रहे। एक सिरे से सटा हुआ एक बड़ा पत्थर रख दो कि छड़ उस ओर सरकने न पावे। एक गोल पेंसिल लेकर उसके सिरेपर समकोण बनाती

हुई एक आलपीन गाड़ दो। इस पैमिलको लोहेके दूसरे सिरे-के नीचे इस तरह रखो कि पैसिल और आलपीन दोनों लोहे से समकोण हो और आलपीन लोहेके पास ही लम्ब होकर खड़ी रहे। अब अगर इस ओर लोहा बढ़ेगा तो पैमिल बेलनकी तरह बेल जायगी जिमसे आलपीन भी घड़ीकी सुई-को तरह घूम जायगी। ऐसा यंत्र बनाकर लोहेकी 'छड़को आंच-से गरम कीजिये (चित्र १) तो आलपीन घूम जायगी।

भागी चीज

छड़

आलपीन



चित्र १

गरमीसे जो फैलाव होता है वह लम्बाई चौड़ाई मोटाई तीनों दिशाओमें हाता है और गरमी पाकर जो चीज फैलती है वह सब ओर फैलती है।

जिस तरह गरम करनेसे किसी वस्तु की लम्बाई, चौड़ाई, मोटाई बढ़ जाती है उमी तरह ठंडा होने से घट भी जाती है। ऊपर कही हुई परीक्षा में छड़ को ज्यों ज्यों ठंडा करते हैं त्यों त्यों सुई उलटी ओर घूमती है।

यह तो हम कह आये हैं कि गरमी देने से वस्तु को ताल में फरक नहीं आता और गरमी कोई पदार्थ नहीं है। साथ ही

यह भी जानना चाहिये कि एक सी गरमी पहुँचाने से सब ठोसों और द्रवों की बढ़ती एक सी नहीं होती—कोई पदार्थ कम बढ़ता है, कोई अधिक। परन्तु प्रत्येक पदार्थ के फैलने की दर निश्चित होती है, फैलाव नियमपूर्वक होता है। द्रव और गैस भी इसी तरह फैलते हैं।

प्रयोग २—यह देखने के लिए एक बोतल में पानी लवालव भरकर एक ऐसा काग कसो जिसके बीच में छेद हो और सूक्ष्म छेदवाली काच की नली लगी हो जिसके भीतर से पानी ऊपर को उठ सके (चित्र २)। एक गहरे वरतन में पानी भर कर अगाठी पर चढ़ा दो और बोतल इसी पानी में रख कर गरम करो। इस प्रकार गरम करने से बोतल का पानी गरम होगा, और फैलकर नली में चढ़ेगा। इस परीक्षा में आप एक बात और विचार सकते हैं। जब बोतल गरम की जायगी तो पहले कौन सी चीज गरम होगी? बोतल या उसमें का जल। प्रकट है कि बोतल ही पहले गरम होगी और बढेगी। इसलिए चित्र २ देखने में पहले नली का पानी अपना जगह से नीचे को हटेगा पर जब पानी भी गरम होने लगेगा, तो अधिक ऊँचाई तक चढ़ जायगा।



इससे यह भी स्पष्ट है कि पानी काच से अधिक फैलता है और यदि यह दोनों बराबर फैलते तो पानी नली में चढ़ता न देखता।

प्रयोग ३—एक चूल्ह नली (U-tube) जिसके एक सिरे पर एक घुंड़ी (bulb) हो लोजिए। घुंड़ी को हाथ से

पकड़िए और नली के दूसरे सिरे को रंगीन पानी में डुबो दीजिए घुंड़ी पर से हाथ हटा लीजिए। पानी नली में चढ़ जायगा (चित्र ३ में क)। फिर यदि घुंड़ी को हाथ से पकड़ें तो रंगीन पानी खुली नली में ऊपर की ओर उठेगा। हाथ हटा लेने से फिर नीचे उतरने लगेगा। कारण यह है कि हाथ की गर्मी से घुंड़ी को हवा फैलती है और पानी को आगे ढकेलती है। वस यह सिद्ध हो गया कि गर्म करने से वायु भी फैलता है।



क

चित्र ३

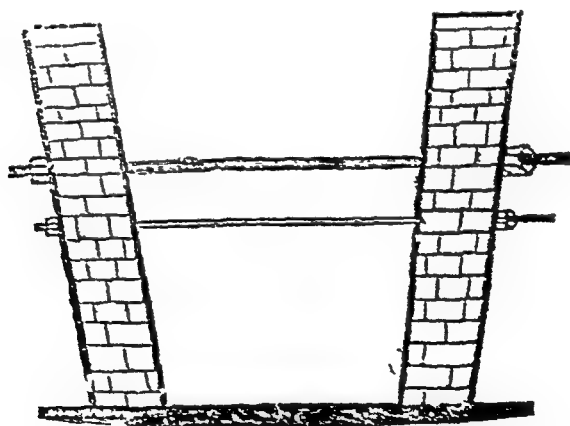
इन तीनों प्रयोगों से यह बातें ज्ञात हुईं :—

गरमों पाकर सभी पदार्थ फैलते हैं, इनका आयतन बढ़ जाता है और ठंडक पाकर बढ जाता है अथवा गरमी फैलाती और ठंडक सिकोडती है।

यन्त्रकार लोग कारण जानते वा न जानते परन्तु ऊपर कहे हुए नियम से बहुत से काम लेते हैं। आपसे देखा होगा कि पहिये पर चढ़ाने के लिए नाप में उमने कुछ छोटी हाल बना कर कंडे की आँच में लाल करते हैं। इस दशा में उमका घेरा बढ़ कर पहिये के बराबर हो जाता है और भट्ट ठोक कर पहिये पर हाल चढ़ा दी जाती है ॐ। अब उसे पानी डाल कर ठंडा करते हैं तो यह सिकुड़ कर पहिये को जकड़ लेती है।

उनके बीच में चार पाँच सूत को जगह छूटी रहती है। क्या ? इसलिए कि सिरों से सिरा मिला दिया जाता तो गर्मी के दिनों में जब दोनों सिरों बढ़ते, जगह न मिलने से दोनों पटरियाँ ऊपर को उठ जाती, तथा धनुष की नाईं भुक जाती। इसी तरह लोहे के पुलों में भी दो डंडों के बीच कुछ जगह रहती है।

यदि किसी बड़े मकान की दो भीतें टेढ़ी पड़ जायें और उनको तोड़ने का विचार न हो तो यन्त्रकार लोग (इंजिनियर) ऊपर कहे हुए नियम से काम निकालते हैं। दोनों भीतों में आमने सामने छेद करते हैं, जिनमें बड़े बड़े लोहे के डंडे डाल कर आँच से लाल करके बाहर दोनों ओर पेचों से कस देते हैं। अब इन पर पानी डाल कर ठंडा करते हैं। डंडे सिकुड़ने लगते हैं। इस सिकुड़ाव के बल से दीवारें खिंच कर सीधी हो जाती हैं (चित्र) ४।



चित्र ४

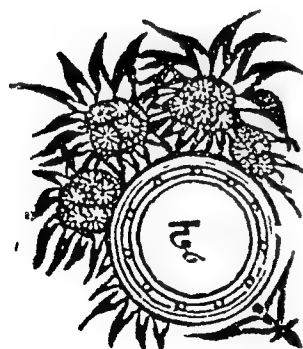
किसी मास्टर ने एक बालक से पूछा, 'गर्मी से वस्तु बढ़ती

हैं और शीत से सिकुड़ती है—इनका कोई उदाहरण दे सकते हो ?” उत्तर मिला “हा। गरमो मे दिन लंबे हो जाते है और सरदी मे छोटे।” हमे पूरा आशा है कि आप ऐसः उत्तर कदापि न देंगे, क्योंकि गरमो केवल पदार्थ या वस्तु का बढानी है और दिन का बडा छोटा होना सूर्य के स्थान पर निर्भर है।

अभ्यास के लिये प्रश्न

१—चित्र २ में यदि, (१) और भी बारीक छेद की नली लगाये (२) और भी चौड़े छेद की लगाएं तो क्या फल होगा ? और बड़ी बोतल ले तो क्या फल होगा ? कांच गरमी से न फैले, तो द्रव के फैलने पर क्या प्रभाव पड़ेगा ?

३—तापक्रम



ध मे जितनी हो शकर मिलाइये उतना ही मीठा होगा। कम मात्रा मे मिलाने से मिठास कम होगा। चखने वाला इतना ही कह सकता है कि अमुक दूध मीठा है और अमुक फीका है। मीठा, कम मीठा, वा फोका, से केवल मिठास की कमी या अधिकता का दरजा मालूम

होता है, यह नहीं मालूम हो सकता कि किस दूध मे कितने तोले शकर मिलायी गयी है। जब हम कम गरम, ज्यादा गरम, आदि

कहते हैं तो केवल गरमी का दरजा बताते हैं। यह नहीं बताते कि इसमें गरमी की मात्रा कितनी है। इसी तरह जब आप कहे कि दूध बहुत गरम है तो हमें इतना ही मालूम होगा कि आप जिस दरजे की गरमी सह लेते हैं, दूध की गरमी उससे अधिक है।

वस जिस तरह मीठे की कमी वेशी से दूध के मिठास का दरजा घट बढ़ जाता है उम्मी तरह गरमी की कमी वेशा में गरमी का दरजा घट बढ़ जाता है।

इस तरह गरमी की नाप के लिए अगर हम यन्त्र बनाना चाहे तो दो तरह के यन्त्रों की जरूरत होगी। एक जिम्मेसे गरमी के दरजे जाने जायें और दूसरा जिम्मेसे गरमी का ठीक परिमाण मालूम हो सके।

यदि दो वस्तुएं हमारे सामने हों तो साधारणतः हम यह कह सकते हैं कि उनमें से कौन दूसरी से अधिक गरम है। वस्तुओं को अपने शरीर से छूकर ही हम यह बता सकते हैं, परन्तु यदि कोई वस्तु ऐसी गरम हो जिसको हम शरीर से छूहो न सके तो शरीर से काम न निकलेगा। दूसरे, शरीर वस्तुओं की गरमाई को ठीक ठीक नियमित रीति से बतलाने में असमर्थ है जैसा प्रयोग ४ से ज्ञात हो जायगा।

प्रयोग ४—एक गिलास में कुछ कुनकुना, दूसरे में बहुत गरम, तीसरे में बहुत ठंडा पानी लेकर रखिए। ठंडे पानी में कुछ देर अँगुली रख कर कुनकुने में डालिए तो गरम लगेगा और गरम पानी में कुछ देर अँगुली रख कर कुनकुने में डालिए तो वही पानी ठंडा लगेगा।

अब बतलाइए जब आपके दो हाथ एक ही वस्तु की अव-

स्था को ठीक ठीक बताने में असमर्थ है तो भिन्न भिन्न मनुष्य कैसे बता सकेंगे ।

मनुष्यों के स्वभाव भी भिन्न भिन्न है और सबको अनुभव भी एक ही तरह का नहीं होता । जैसे अधिक शकर खाने वाले को दूध फीका लगेगा । उसी प्रकार भिन्न स्थानों में रहने वाले मनुष्यों को एक ही समय एक ही स्थान की गरमा एक सरीखी न लगेगी ।

मान लीजिए आपके तीन मित्र हैं । ये तीनों एक ऐसे नगर में हैं जहाँ न बहुत गरमी है, न बहुत सरदी । इनमें से एक हिमालय प्रदेशका है जिसको सदा हिम में ही रहने का अवसर मिला है । दूसरा आगरे का रहने वाला है जहाँ साल में सात महीने पखे के तले बिताते हैं और तीसरा उसी नगर का रहने वाला है । आपके वैद्य ने आपसे कहा है कि उस नगर में गरमी अधिक न हो तो तुम कुछ दिनों के लिए जलवायु परिवर्तनार्थ वहाँ चले जाओ । आपने अपने तीनों मित्रों से वहाँ को जलवायु के विषय में पत्र व्यवहार किया । पर्वतीय महाशय लिखेंगे, “गरमी अधिक है—हमारे लिए यहाँ रहना सम्भव नहीं ।” आपके आगरे वाले मित्र लिखेंगे, “यहाँ खूब ठंड है इत्यादि ।” और उसी नगर के निवासी मित्र लिखेंगे “न गरम है न ठंडा है, जलवायु सुन्दर है, आप अवश्य आवें ।” कहिए आप क्या करेंगे ? किम मित्र की बात सत्य मानेंगे ? यदि आपको जानना है कि उस नगर का मौसम कैसा है और आपके स्वभाव के अनुकूल होगा या नहीं, तो आपको अपने सदा के स्थान पर और अपनी सहन-शक्ति पर भी विचार करना होगा और बिना आप ही गये किसी मित्र के लिखने से कुछ सालूम न हो सकेगा । यदि आप

जाने के पहले जानना चाहे तो ऐसे यंत्र का सहारा लेना पड़ेगा जो उस नगर के मित्रों के पास भी हो और आपके पास भी हो। इसलिए गरमाई की कला को नापने के लिए यन्त्र की आवश्यकता होती है।

दो वस्तुओं को देख कर यही कह सकते हैं कि कौन बड़ी और कौन छोटी है पर लम्बाई कितनी है यह नहीं बता सकते। इस प्रकार दो वस्तुओं को छूकर यही कह सकते हैं कि कौन हमारे शरीर से अधिक गरम है। जिन चीजों को हम अपने शरीर से कम गरम पाते हैं, ठण्डी कहते हैं। इस तरह स्पष्ट हुआ कि साधारणतः हम अपने शरीर से तुलना करते हैं। जिसे हम 'गरम' कहते हैं वह हमारे शरीर से प्रायः अधिक गरम होती है। और जिसे ठण्ड कहते हैं हमारे शरीर से प्रायः कम गरम होती है। इस तरह "शीतोष्ण" "गरम ठंडा" जो द्वन्द्व माना जाता है वस्तुतः गरमी के ही दो रूप हैं।

परन्तु यह स्पष्ट है कि प्रत्येक वस्तु की गरमाई की जाँच के लिए हम शरीर को काम में नहीं ला सकते। कभी कभी तो शरीर से वस्तु का छूना असम्भव होगा। दूसरे धोखा भी हो सकता है जैसा कि इस प्रयोग से ज्ञात होता है। तीन गिलास लीजिए एक में बरफ डाल कर ठंडा किया हुआ पानी, दूसरे में कुनकुन पानी और तीसरे में सहता हुआ गरम पानी रखिए। अब दाये हाथ की अंगुली गरम पानी वाले गिलास में और बाये हाथ की अंगुली बरफ से ठण्डे किये हुए पानी वाले गिलास में कुछ देर रख कर दोनों हाथों की अंगुलियों को एक साथ कुनकुन पानी वाले गिलास में डाल दीजिए। दाये हाथ की अंगुली को

यह पानी ठण्डा और बांये हाथ वाली अंगुली को गरम लगेगा। ऐसे ही कारणों में यह विदित होता है कि एक यन्त्र की आवश्यकता है और इस यन्त्र में कोई माप भी अवश्य ही होना चाहिए क्योंकि वस्तुओं की गरमाई भिन्न भिन्न होगी। ऐसे यन्त्रों को कि जिस पर गरमाई के दर्जे नापने के लिए कोई माप लगी हो ताप-मापक कहते हैं और जो गरमाई के दर्जे इस ताप-मापक की मनमानी माप के अनुसार बतलाये जाते हैं इनको तापक्रम कहते हैं इसलिए तापक्रम का व्याख्या इस प्रकार कर सकते हैं :—

ताप-क्रम वह संख्या है कि जो गरमाई के दर्जे नापने वाली किसी माप पर मिलती है। यहाँ यह भी बतला देना उचित है कि यदि भिन्न भिन्न तापक्रमों वाली दो वस्तुएँ एक दूसरे के पास रख दी जावें तो ऊँचे तापक्रम वाली वस्तु का तापक्रम घट जावेगा और नीचे तापक्रम वाली वस्तु का तापक्रम बढ़ जावेगा। और दोनों एक ही तापक्रम पर आ जावेंगी। दूसरे, गरमाई से ही यह पता नहीं चल सकता कि किसी वस्तु में कितनी गरमी है।

लम्बाई नापने के लिए गज, मीटर अथवा और किसी लम्बाई की इकाई की आवश्यकता होती है। बिना इकाई के लम्बाई का बोध नहीं हो सकता। जब हम कहते हैं कि किसी चीज को लम्बाई ३ मीटर है तो यह अर्थ होता है कि इस वस्तु को लम्बाई एक मीटर से तिगुनी है। ऐसे ही तापक्रम नापने के लिए तापक्रम की इकाई की आवश्यकता होती है, बिना इकाई के तापक्रम का बोध नहीं हो सकता है।

अभ्यास के लिए प्रश्न

१—तापक्रम किसे कहते हैं।

२—मनुष्य शरीर से तापक्रम नप सकता है या नहीं ?

४—तापमापक



प देख चुके हैं कि गरमी से वस्तुओं के विस्तार में परिवर्तन होता है। यह भी आपने देख लिया है कि ठोस पदार्थ को फैलाने के लिए देर तक गरमी पहुंचानी पड़ती है। द्रव जल्दी फैलता है। वायु के लिए तो गरमी थोड़ी ही बहुत है। अब यह बतलाएंगे

कि पदार्थों के फैलाव की सहायता से तापक्रम नापने का यन्त्र कैसे बनाया जाता है।

इस यन्त्र के बनाने में हमको दो बातों पर विशेष ध्यान देना पड़ेगा।

१—यन्त्र में बढ़ने वाला पदार्थ ऐसा होना चाहिये जो बहुत गरमी देने पर भी उबल कर भाप न हो जाय और साधारण सरदी में झट जम भी न जाय। यदि यन्त्र में कोई ऐसी वस्तु लगाएँ जो थोड़ी गरमी से पिघल जाय या उड़ कर भाप हो जाय तो हमारा यन्त्र थोड़ी ही कक्षा की गरमाई को नाप सकेगा। ठोस पदार्थ ले तो इसका फैलाव इतना सूक्ष्म होगा कि नापना कठिन होगा। पानी लें तो थोड़ी ही आँच में खोल कर भाप हो जायगा।

२—हमारी नाप ऐसी सरल और सुलभ हो कि सार्वदेशिक हो सके। नाप सार्वदेशिक न होगी तो केवल आप ही काम में ला सकेंगे, सब लोग न समझेंगे।

वास्तव में नाप का सार्वदेशिक होना अत्यन्त आवश्यक है। यदि ऐसा न हो तो संसार का काम न चले। थोड़ी देर के लिए मान लीजिये कि आपने लम्बाई की नाप इंच फुट आदि न मानी और अपनी छतरी से नाप कर अपने कमरे की लम्बाई दस छतरी पायो। आप उस कमरे में बिछाने को दरी मंगाना चाहते हैं। आपने मित्रों को लिखा, “मेरी छतरी से १० गुनी लम्बी एक दरी भेज दीजिये”। बतलाइये, इसे वह क्या समझेंगे। आपको अपनी छतरी ही भेजनी पड़ेगी जिसे लेकर आपके मित्र दरी वाले की दूकान पर जायेंगे और सब दरियों को नापेंगे; तब कहीं बड़ी कठिनता से आपको दस छतरी लंबी दरी मिलेगी। बात क्या हुई? एक नियमित सार्वदेशिक नाप के न होने से इतने मनुष्यों को कष्ट उठाना पड़ा और छतरी को यात्रा करनी पड़ी। इस कष्ट से बचने के लिए बुद्धिमानों ने लम्बाई की सार्वदेशिक नाप बनायी है, जिसे सब लोग जानते हैं।

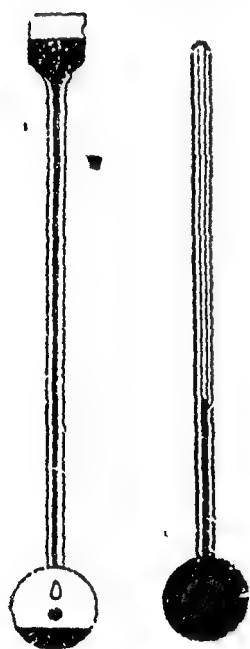
इसी प्रकार तापक्रम नापने के लिए उचित तापमापक बनाये गये हैं। पारातापमापक बहुत सरल है और बहुत काम में आता है। कारण, अन्य द्रवों से पारा इस काम के लिए उत्तम है। कभी कभी शराब भी काम में आती है। पारे में यह श्रेष्ठ गुण है :—

१—पारा काफी नीचे तापक्रम से लेकर काफी ऊंचे तापक्रम तक द्रव रहता है। यह -80° श के करीब जम कर ठोस होता है और 356° श के ऊपर भाप बन कर उड़ने लगता है।

२—यह आसानी से शुद्ध अवस्था में पाया जा सकता है।

३—इसका प्रसार करीब करीब एकमा और विधिवत् होता है।

४—इसका आपेक्षिक ताप बहुत कम और इसकी वाहकता बहुत ज्यादा है जिसके कारण इससे बने हुये तापमापक जल्द दूसरे वस्तु के तापक्रम पर पहुच जाते हैं। और तापमापक के होने के कारण भी वस्तु के तापक्रम में भेद नहीं पड़ता।



चित्र ५

तापमापक बनाने की विधि इस प्रकार है:—पाराके कांच की नली में भरते हैं, क्योंकि काँच में बाहर से ही घट बढ़ देखने का सुभीता है। नली के एक सिरे पर घुंड़ी और दूसरे पर कीप बनी होती है। नली का छेद बालसा बारीक होता है और कीप से लेकर घुंड़ी तक सरासर ठीक ठीक एक ही व्यास का होता है। घुंड़ी पतली भीत की होती है परन्तु नली की दोवार मोटी होती है, इसलिये कि नली पर गरमी का असर बहुत देर में हो किन्तु घुंड़ी पर अत्यंत शीघ्र हो। नली के एकाकार होने से पारे का फैलाव नली में सब जगह बराबर होता है। (चित्र ५)

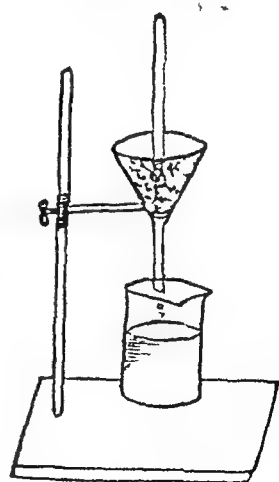
प्रयोग ५—पारा भरने की रीतियह है। इस नली की घुंड़ी को गरम करते हैं। गरमी से भीतर की वायु फैल कर बाहर निकलती है। उसी समय थोड़ा पारा कीप की राह भर देते हैं।

ठंडकसे ज्यो ज्यों वायु भीतर को सिकुड़ती है त्यों त्यों पारा नली से घुंड़ी में उतरता है। ज्यों ही उतरना रुकता है फिर पहले की तरह गरम करते हैं और पारे को उतारते हैं। इस तरह घुंड़ी और नली पारेसे भर जाती है। फिर इसे देर तक उबालते हैं जिससे नलीमें वायु जरा भी न रहे, केवल पारा और पारेकी भाप रह जाय। इस तरह शुद्ध करके कीप के पास नली को आंच में गलाकर बन्द कर देते हैं।

यंत्र तो बन गया परन्तु नापका निश्चय नहीं हुआ। साधारण पदार्थोंमें सबसे अधिक आवश्यक और उपयोगी पदार्थ जिससे अनेक तरह की नाप जोख बनाया करते हैं पानी है। इस लिए इसे ही तापक्रम की नाप के लिए प्रमाण मानना उचित ठहरा। इसमें एक गुण यह भी है कि आसानीसे जमा-कर ठोस और उबाल कर गैस किया जा सकता है।

प्रयोग ६—ऊपर कही हुई नलीको बन्द करके उसकी

घुंड़ीको बरफके छोटे छोटे टुकड़ोंमें डुबोते हैं। यह क्रिया कांच की कीपमें की जाती है (चित्र ६) जिसमें गलते हुए बरफका पानी नीचे गिरता जाय। नली की घुंड़ी कुछ देर तक इसी तरह डूबी रखी जाती है। आप जानते हैं कि ठंड से सिकुड़ना आवश्यक है। इसीलिए पारा नलीमें उतरता है और गिरते गिरते एक जगह ठहर जाता है। ठीक इसी जगह नलीमें रेतसे एक चिह्नकर देते हैं।

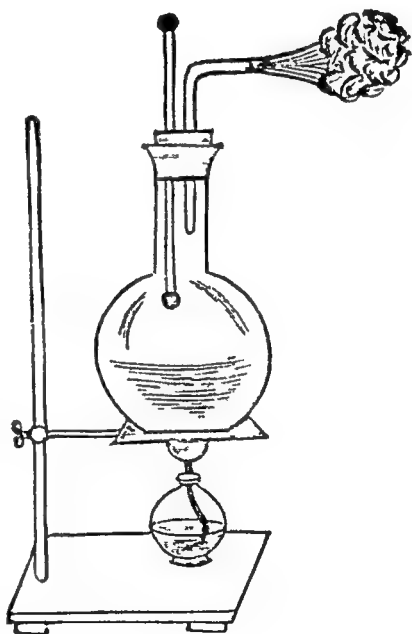


चित्र ६

जब कभी और कहीं भी यह नली बरफमें रखी जायगी पारा इसी चिह्न पर आकर ठहरेगा। ज्ञात हुआ कि यह नली पर एक नियत स्थान है। इस स्थान को हिमाङ्क कहते हैं।

इसके पीछे नलीको पानीकी भापमें गरम करते हैं। पारा गरम होकर नलीमें चढ़ने लगता है और एक जगह पहुँच कर ठहर जाता है। यहां भी एक चिह्न बना देते हैं।

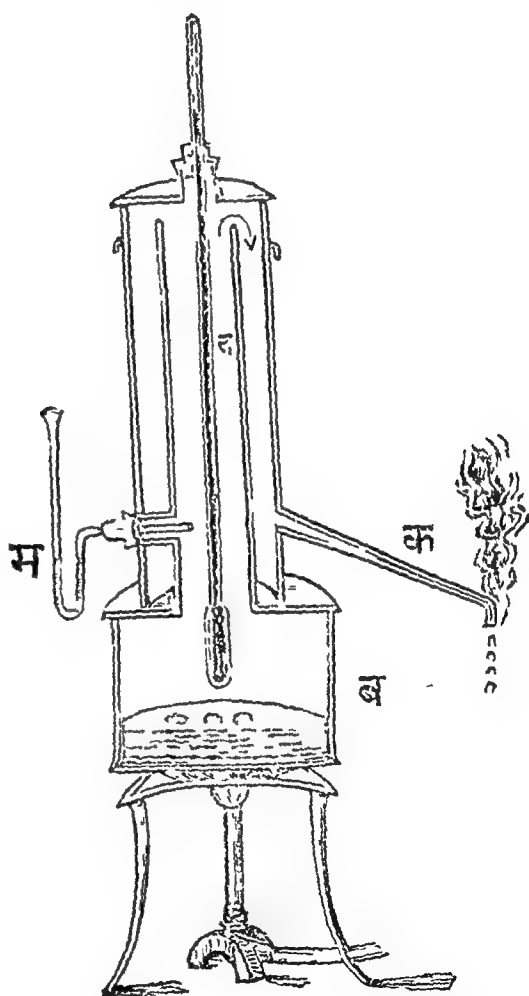
प्रयोग ७—नलीको पानीकी भापमें गरम करनेके लिये चित्र ७ में दिया हुआ सीधा साधा यंत्र भी काममें ला सकते हैं। वास्तवमें तो उस्तेध मापक (hypsometer) इस्तेमाल किया जाता है। यह चित्र ८ में दिखलाया गया है। यह बहुधा ताँबेका बना होता है। एक बरतन 'ब' पर दो नलियाँ, एक छोटी और दूसरी बड़ी लगी रहती हैं। छोटी नली बरतन में खुलती है बड़ी नलीके एक ओर छेद होता है और यह नली इस प्रकार लगाई जाती है कि छेद छोटी टीनके ऊपर आता है और दूसरी ओर बरतन के ढकनेपर जुड़ जाती है। इसके अगल बगल दो



चित्र ७

छेद होते हैं। एकमे दबाव मापक (manometer) लगाया जाता है। दूसरेमेसे भाप निकलती है। भाप उत्सेधमापकमें किस प्रकार चक्कर लगाती है यह चित्रमे तीरो द्वारा दिखलाया गया है। याद रखना चाहिये कि तापमापक भापमें रखा जाता है, पानीमे नहीं। कारण यह है कि पानीमे यदि कुछ मिला हो तो पानीका तापक्रम 100° से कुछ अधिक होता है लेकिन भाप का 100° ।

यह ध्यान रखना चाहिये कि इसचिह्नका स्थान वायुमण्डल के दबाव पर निर्भर है॥ इसलिए प्रयोग करते समय वायु भारमापक यंत्रद्वारा वायु-मण्डल का दबाव नाप लेना चाहिए कभी और कहीं



चित्र ८

॥ वायुमण्डल का दबाव स्थान स्थान और समय समय पर बदलता रहता है। सब तापमापकों मे एक ही कथनाङ्क होने के लिए आवश्यक

भी वायुमण्डल का इतना ही दबाव होगा तो पानी की भाप में इस नली को रखने से पारा इसी स्थान पर आकर ठहरेगा। हिमाद्रि की तरह यह भी एक नियत स्थान है और उसको कथनाङ्क कहते हैं।

इसी तरह मिट्टी का तेल, अलकाहल, टूलोन आदि भी रंग देकर पारे की जगह भर सकते हैं। इनका भी बहुत सुन्दर तापमापक बनता है परन्तु यह थोड़े ही तापक्रम को बता सकते हैं, कारण यह है कि यह थोड़ी ही गरमी में उबलने लगते हैं। पानी के कथनाङ्क की गरमी तक मिट्टी के तेल का तापमापक अच्छा काम देता है।

इस तरह ऐसा यंत्र बना जिससे उबलते जल या गलते बरफ की ही गरमी सरदी जान सकते हैं या यो कहिए कि आप पारेको इन दोनोंमें से एक जगह देखकर कह सकते हैं कि आज बरफ वाली ठंडक है या पानी उबालने वाली गरमी। पर हमारा काम इतने से ही नहीं चल सकता क्योंकि सदा और सब जगह इतनी ठंडक या गरमी नहीं पड़ती। साधारणतः बरफवाली ठंडकसे अधिक गरमी और पानी उबालने वाली गरमीसे कम गरमी रहा करती है, इसलिए तापमापक में पारा उन दोनों चिह्नोंके बीचमें ठहरा मिलेगा। पारे का स्थान ठीक ठीक नियत करने के लिए इन दोनों चिह्नोंके बीचमें और चिन्हों की आवश्यकता होती है इसलिए इन दोनों चिन्हों के बीच छोटे छोटे विभाग कर देते हैं (चित्र ६)।

होगा कि कथनाङ्क निकालते समय वायुमण्डल का दबाव एक ही और प्रमाणित हो वैज्ञानिकों ने 45° श पर ७६० सहस्रांशमीटर पारे क सुमुद्रतल पर दबाव प्रमाण माना है।

हिमाङ्कको ० और प्रामाणिक दबाव वाले कथनाङ्क को १०० मान कर बीच की दूरी को १०० विभागों में बांट देते हैं। प्रत्येक भाग को अंश (degree) कहते हैं। अंशों को गिनने में सुभीता हो इसलिए शून्य से लेकर दसवें, बीसवें इत्यादि अंशों पर ०, १०, २० इत्यादि संख्या डाल देते हैं। (चित्र ६)

विभाग करने की तीन प्रथा है। पहली सेन्टी ग्रेड वा शतांश है जिसके अनुसार (Centigrade) ऐसे विभागों वाले यंत्र को सेन्टीग्रेड वा शतांश तापमापक कहते हैं। यह पद्धति सबसे अच्छी समझी जाती है और बहुधा यह वैज्ञानिक कार्यों में काम में आती है।

कथनाङ्क से ऊपर और हिमाङ्क के नीचे नलीको अंशों में बांट देते हैं। यदि किसी दशा में हिमाङ्कमें पारा और नीचे उतरे तो वह गरमीका दरजा घटानेके चिन्हसे (ऋणके चिन्ह से) बतलाया जाता है, जैसे—२ से तात्पर्य है कि गरमी पानी जमने के दरजे से दो दरजा या अंश कम है। कथनाङ्क के ऊपरके अंशोंको १०१, १०२ इत्यादि गिनते हैं।

मान लीजिए कि पारा ६० वाले चिन्ह तक चढ़ा हुआ है तो आप कहेंगे कि गरम ६० अंश या ६० दरजे शतांश की है परन्तु लिखने में “६०° श’ लिखेंगे, अंग्रेजीमें 60°C लिखते हैं।



चित्र ६

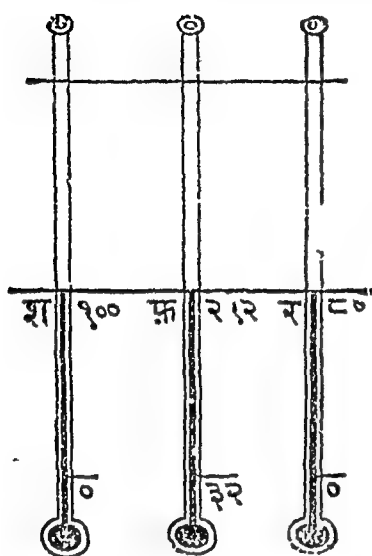
क्योंकि अंक के दहने सिरे पर नन्हासा शून्य लिखनेसे डिग्री अंश वा दरजे का बोध होता है, और C अक्षर Centigrade शब्द का पहला अक्षर है जैसे 'श' शतांशका, शतांश तापमापक को ही सदा से वैज्ञानिक पसन्द करते आये हैं, यह सरल है और दिनों दिन इसका प्रचार बढ़ रहा है। इस पुस्तक में जहाँ कहीं काम पड़ेगा हम भी शतांशकी ही मापसे काम लेंगे।

दूसरी प्रथाके अनुसार क्वथनाङ्क को २१२ माना है और हिमांकको ३२। इस तरह बीचकी जगहके १८० बराबर हिस्से किये। [$212 - 32 = 180$]। यह रीति फारनहैटने चलायी, इससे ऐसे विभाजित यंत्रका नाम फारनहैट थर्मामीटर वा तापमापक हुआ। इसमें हिमांक ३२° से नीचे ० तक ऋणचिन्हकी आवश्यकता नहीं पड़ती। परन्तु ० से नीचे दरजे के तापक्रमों में ऋण चिन्ह लगता है। यदि साठ अंश लिखना हो तो '६०° फ़' लिखेंगे जिसमें 'फ़' से फारनहैट की सूचना मिलती है। इसे डाक्टर और अंगरेजी कारवारी तथा कर्मचारी अधिक काममें लाते हैं।

तीसरी प्रथा रोमर की है जिसमें दो चिन्हों के बीच की जगह ८० बराबर भागों में बांटी जाती है। लिखनेमें नियम वही है, परन्तु 'श' या 'फ़' की जगह 'र' लिखते हैं। यह रूसमें प्रचलित है। इसमें ऊपर के चिन्हपर ८० और नीचे के चिन्ह पर ० रहता है।

अब इन तीनों रीतियोंमें यह बात समझनेकी और रह गयी जिसे गणित जानने वाला आप निकाल सकता है—इन प्रथाओंमें संबन्ध।

चित्रमें देखनेसे ज्ञात होगा कि तीन नलियोंमें तीन प्रकार के विभाग दिखलाए गये हैं। यह तो प्रत्यक्ष है कि कथनाङ्क और हिमाङ्कके बीच तीनों नलियोंमें जगह बराबर है। प्रश्न है केवल विभागोंका, सो दो चिन्होंके बीचकी जगहके शतांशमें १०० विभाग है, फारनहैटमें १८० विभाग है और रोमरमें ८० विभाग है।



चित्र १०

तात्पर्य यह कि सेन्टोग्रेड वा शतांशके १०० विभाग बराबर है फारनहैटके १८० विभागोंके, इसलिये फारन हैटका एक विभाग शतांशके $\frac{5}{9}$ विभागके बराबर हुआ

और शतांशका एक विभाग फारनहैटके $\frac{9}{5}$ विभागोंके बराबर हुआ। जब यह सम्बन्ध जान लिया तो एक प्रथाके विभागोंको दूसरी प्रथामे बदलना सहज हो गया।

उदाहरण—जब शतांशमें २०° पर पारा है तो फारनहैटमें कहां होगा? आप जानते हैं कि शतांशका एक विभाग फारनहैटके $\frac{9}{5}$ विभागोंके बराबर होता है इसलिए शतांशके २० विभाग फारनहैट के $20 \times \frac{9}{5} = 36$ विभागोंके बराबर हुए। ध्यान रहे कि यह सम्बन्ध केवल विभागोंका है। फारनहैटमें विभागोंकी गिनती ३२ से आगेकी

होती है। जब हम कहे कि तापक्रम 33° फ है तो मतलब यह हुआ कि गरमी गलती हुई चरफ के दरजेसे केवल एक दरजा और बढ़ी। 33° पर पारा एक विभाग आगे बढ़ता है, 34 पर दो और 40 पर आठ इत्यादि। इसलिए जब पारा चरफके दरजेसे 36 विभाग बढ़ा तो यह फारनहैटमें $32 + 36 = 68$ के चिह्नपर होगा। इसीका उलटा चलनेसे फारनहैटसे शतांशका दर्जा जाना जा सकता है।

उदाहरण—कोई पछे कि फारनहैटमें 68 की गरमी है तो शतांशमें क्या होगी। आपको मालूम है कि $68 - 32 = 36$ विभाग ऊपर पारा बढ़ा। अब 1 विभाग फारनहैट बराबर है $\frac{5}{9}$ शतांशके। इसलिए

36 विभाग बराबर हुए $36 \times \frac{5}{9}$ अथवा 20 शतांशके।

इसी प्रकार रोमरमें भी परिवर्तन हो सकता है। इस विषयमें सहज ही यह नियम बना सकते हैं:-

शतांशसे फारनहैटमें बदलनेके लिए $\frac{9}{5}$ से गुणा करो और फिर 32 जोड़ दो।

फारनहैटसे शतांशमें परिवर्तन करना हो तो पहले फारनहैट अंशसे 32 घटा दो, जो बचे उसे $\frac{5}{9}$ से गुणा करो तो शतांशका अंश डिगरी निकलेगा।

यह सिद्ध कर सकते हैं कि— 40° फ = — 40° श, तात्पर्य यह कि उस तापक्रम पर शतांश और फारनहैट दोनों तापमापकोंमें अंशोंकी संख्या— 40 है। यह बात केवल त्रिलक्षण होनेके कारण कही जाती

नही तो इतनी ठंडकका विचार भी होना कठिन है। इसको सिद्ध यों करते हैं।

मान लीजिए, $k^{\circ}F = k^{\circ}C$

$$\text{अब } k^{\circ}F = \left(k \times \frac{9}{5} + 32 \right)^{\circ}C$$

$$= k^{\circ}C$$

$$\text{तो, } k = \frac{5}{9}k + 32$$

$$\text{अर्थात्, } 5k = 9k + 160$$

$$-4k = 160$$

$$\therefore k = -40$$

पारा तापमापकका संशोधन

ऊपर के कायदेसे बने हुये तापमापकमे अक्सर त्रुटियां पाई जाती हैं। वैज्ञानिक कामके लिये इनको दूर करना उचित है, अक्सर तो और उपयोगी तापमापक काममे लाये जाते हैं परन्तु यदि हमे पारे ही का बना हुआ तापमापक काममे लाना हो तो इन त्रुटियों को दूर करना चाहिये।

हिमांक संशोधन—(Zero correction)

किसी मामूली तापमापकको हम पिघलते हुये बरफमें डुबोये तो कुछ समय पड़ा रहनेके बाद उसका पारा 0° के ऊपर आकर रुक जाता है। यदि एक घण्टे तक तापमापकको बर्फ में रखें और तब हिमाङ्क निकालें तो ऐसा ही होगा, परन्तु यदि

डेढ़ घण्टे तक तापमापक को 100° पर रखें और तब हिमाङ्क निकालें तो पारा 0° के नीचे रहेगा। कारण यह है कि कांचमें गर्म या ठंडा करनेसे जो परिवर्तन होता है वह बहुत धीरे धीरे दूर होता है, कभी कभी असली हालत लौटने में वर्ष ही लग जाते हैं। बरफमें रखनेसे कांच सिकुड़ गया और इसी सिकुड़नेके कारण पारा हिमाङ्क 0° के ऊपर ठहरा। भापमें रखने पर कांच इतना फैल गया कि पारा हिमाङ्क 0° के नीचे ठहरा। प्रयोगों से यह मालूम हुआ है कि जब कभी भाप में गरम करने के बाद हिमांक निकाला जाता है तो इसकी जगह बहुधा वही मिलती है अर्थात् यह जगह स्थिर है, कारण कि आजकल के तापमापक में पहिले कथनाङ्क निकालते हैं और तब हिमाङ्क। संशोधन की विधि तो बहुत सरल है। हर तापक्रम नापने के बाद हिमाङ्क निकाल लीजिये। यदि पारा 0° के ऊपर ठहरे तो उसकी जगह पढ़लीजिये। यही हिमाङ्क की त्रुटि हुई। इसको घटा दीजिये और यदि हिमांक निकालने पर पारा 0° के नीचे हो तो जोड़ दीजिये यदि तापमापक कांच के बदले गलाये हुए बिल्लौर का बनाया जाय तो हिमांक त्रुटि करीब करीब बिलकुल नहीं होती है।

खुली डंडी संशोधन—(Exposed stem correction)

जब हम किसी वस्तुका तापक्रम लेते हैं तो तापमापककी डंडी के साथ पारेका कुछ भाग भी उस वस्तुके बाहर रहता है और उसका तापक्रम वस्तु के तापक्रम से कम रहता है इस कारण जो संशोधन करना चाहिये, उसको खुली डण्डी संशोधन कहते हैं।

इस संशोधनके करने की तरकीब सहल है। यदि t_1 तक पारा पहुँचता है और जब कि t_2 अंश उस वस्तु के बाहर है तो असल तापक्रम $t = t_1 \times \frac{t_2 - n_3}{100}$

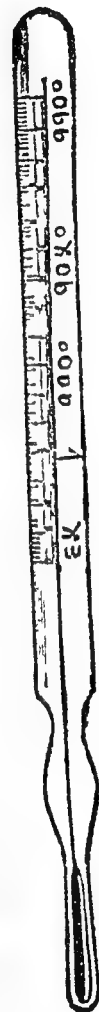
जहाँ t_2 = वस्तुके बाहरके पारेका तापक्रम

n_3 = काँच में रखे हुए पारे का प्रत्यक्ष प्रसार

इस समीकरण के निकालने का कायदा आगे बताया जावेगा।

इन त्रुटियोंके अतिरिक्त और भी त्रुटियाँ हैं जिनके लिए संशोधन आवश्यक है जैसे तापमापक की घुंड़ीके आयतनमें बाहरी और भीतरी दबावके भेदके कारण परिवर्तन।

ज्वर देखनेका तापमापक जो डाक्टर रखते हैं फारनहैट वाला होता है। इसमें घुंड़ीके पास नलीमें एक जगह इस प्रकार दबाकर परिवर्तन किया हुआ रहता है कि रोगीके शरीरमें लगानेके बाद जब निकाल लेते हैं, तब घुंड़ीवाले पारेके सम्बन्ध पूरी रेखासे टूट जाता है। इस तरह पारेकी रेखा जहाँतक बढ़ी थी, पारा जहाँतक चढ़ा था, वही बना रहता है। ऐसा न होता तो बगलसे हटाते ही पारा अपनी जगह छोड़ अकुडकर नीचे उतर जाता और डाक्टर शरीरका तापक्रम न जान सकता। हमारे शरीरका स्वाभाविक तापक्रम 98.4° फ होता है। 99° से बढ़े तो ज्वर होता है और 104° फ से बढ़े तो जानकी जोखिम है।



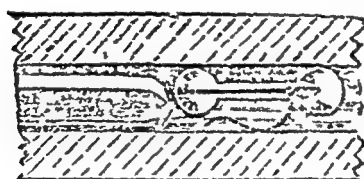
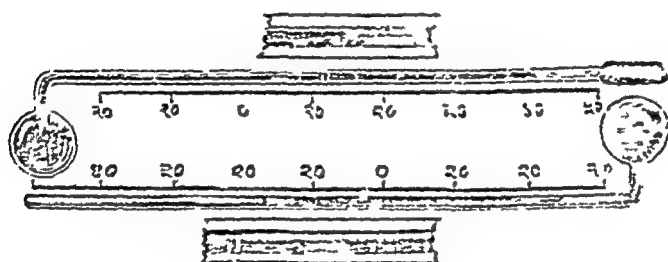
98.4°

चित्र ११

तो ज्वर होता है और 104° फ से बढ़े तो जानकी जोखिम है। 104° हो या

९५° हो तो जीवन की आशा न करना चाहिये, इसलिए इस यंत्रमे ९५° से ११०° तकका ही तापक्रम नापनेके लिए निशान बने होते हैं। इस यंत्रसे और कोई काम नहीं ले सकते।

दिन रात में अधिक से अधिक और कम से कम क्या तापक्रम हुआ यदि यह जानने की इच्छा हो तो साधारण तापमापको से काम न चलेगा क्योंकि तापमापको बराबर देखते रहना बड़ा कष्टप्रद होगा। इस लिए ऐसे तापमापक बनाये गए हैं जिनसे दिन रात का अधिक से अधिक और



चित्र १०

कम से कम तापक्रम तुरन्त मालूम हो जाता है। इनमे से एकका वर्णन यहां दिया जाता है। एक लकड़ो की चौखूटी तख्तीपर दो तापमापक जड़े रहते हैं जिनकी नली सीधी नहीं होती पर घुंड़ी के ऊपर से मुड़ी रहती है जैसा चित्र १२ में दिखलाया गया है। यह तख्ती इस प्रकार टांगी जाती है कि

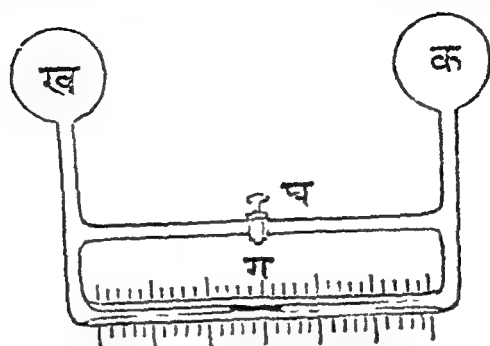
तापमापकों की नली धरातल के समानान्तर रहे। इन तापमापकों में से एक, नीचेवाला, अधिक से अधिक तापक्रम बतलाता है। उसमें पारा भरा रहता है और पारे के ऊपर नली में एक लोहेका छोटा सा चटुवा पड़ा रहता है। यही चटुवा अधिक से अधिक तापक्रम दर्शाता है। यह इस प्रकार कि जब तापक्रम के बढ़ने से नली में पारा चढ़ता है तो उस चटुवे को आगे ठेल ले जाता है। जब तापक्रम घटता है पारा सिकुड़ कर नीचे उतर जाता है पर चटुवे को छोड़ जाता है, बस चटुवे के स्थान को देखकर अधिक से अधिक तापक्रम जान लेते हैं। नियत समय पर तापक्रम पढ़ने के बाद चटुवे को चुम्बक से खींच कर पारे तक फिर ले आते हैं।

ऊपर वाला तापमापक कमसे कम तापक्रम बतलाता है। उसमें अलकोहाल भरा रहता है। अलकोहाल के भीतर एक शीशे का चटुवा पड़ा रहता है। तापक्रम घटने से अलकोहाल सिकुड़ता है। चटुवे को अपने साथ लेता जाता है और नीचे से नीचे स्थान पर पहुंच कर तापक्रम के बढ़ने पर चटुवे को पीछे छोड़ जाता है। चटुवे के स्थान को देखकर कमसे कम तापक्रम जान लेते हैं।

लेसली का भेद-दर्शक वायु तापमापक

कुछ समय पहिले यह तापमापक दो वस्तुओंके तापक्रमका भेद निकालनेके लिये बहुत काममें आता था। खास तौर से विकीर्ण संबंधी मापों में। क, ख (चित्र १३) दो कुमकुमें हैं जो एक नली से जुड़े हुये हैं। नली के बीच में एक रंगीन द्रव की बूंद है जैसा हम पहिले देख चके हैं। यदि हम 'क' को गरम करें

तो बूंद 'वाये' तरफ हट जाती है क्योंकि 'क' के अन्दर की हवा फैलती है, 'ग' बूंद का हटाव एक माप पर देख लिया जाता है



चित्र १३

इस से यदि दोनों कुमकुमोके तापक्रमोमे थोड़ा सा भेद भी हो तो जाना जा सकता है ।

अभ्यास के लिए प्रश्न

१—प्रयागमें गरमीके दिनोंमे कभी कभी छाटमे 113° फ. गरमी होती है । शतांश बनाइये ।

२— 50° शतांश की गरमी फारनहैट तापमापक में कितने अंश दीखेगी ?

३—हमने देखा कि हमारे शरीर की गरमी रोमर के तापमापक में 28.6° है । फारनहैट और शतांश में क्या होगी ?

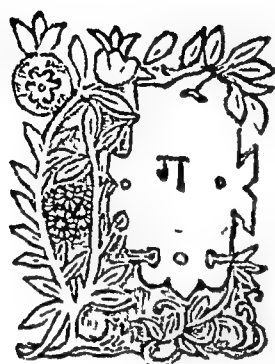
४—दिन रात में अधिक से अधिक और कम से कम तापक्रम कैसे देखते हैं ?

५---डाक्टरों के पास कैसा तापमापक रहता है ?



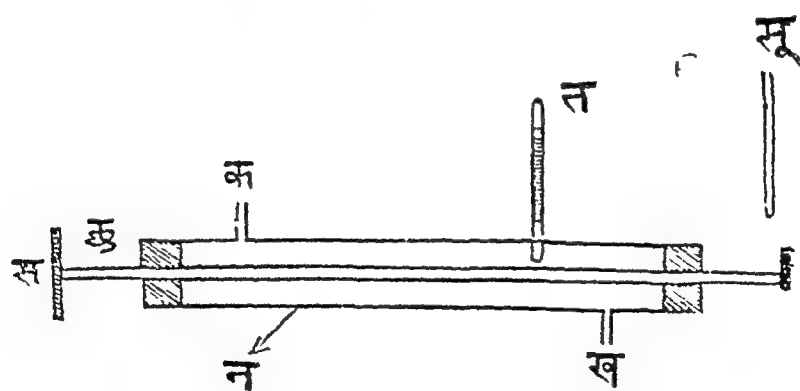
५—ठोसों का प्रसार

लम्ब प्रसार गुणक



रमी पाकर ठोस पदार्थ फैलते हैं अथवा यो कहना चाहिये कि गरमी से ठोसों की लम्बाई, चौड़ाई और मोटाई बढ़ जाती है। नीचे एक प्रयोग दिया जाता है जिससे जितनी लम्बाई बढ़ती है ठीक ठीक नाप सकते हैं।

प्रयोग ८—किसी धातु की छड़ छ लेकर (चित्र १४) एक नली में बन्द कर देते हैं। नली न के सिरे काग से बन्द रहते हैं, छड़



चित्र १४

छ कागो को छेदती इधर उधर निकली रहती है। क और ख दो नलियां न से जुड़ी रहती हैं। क द्वारा न के भीतर भाप भेजी जाती है, जो ख में होकर निकलती रहती है। इस भाप में

छड़ छ गरम हो जाती है। प्रयोगके आरम्भ में छ की लम्बाई और तापक्रम देख लेते हैं। छ का सिरा स पेंच से कस देते हैं जिससे छड़ उस ओर न हट सके। दूसरे सिरके पास एक चिह्न बनाकर चिह्न पर सूक्ष्म दर्शक यंत्र सू इस प्रकार ठहराते हैं सूक्ष्म दर्शक यंत्र द्वारा यह चिह्न देखने लगे। क नली से भाप भेजते हैं तो छड़ गरम होकर बढ़ती है। चिह्न सूक्ष्म-दर्शक यंत्र के सामने से हट जाता है। अब सूक्ष्म-दर्शक को हटाकर चिह्न पर फिर ले आते हैं। सूक्ष्मदर्शक के साथ ऐसा प्रवन्ध रहता है जिससे उसका हटाव नापा जा सकता है। यही हटाव छ की लम्बाई में अधिकता अथवा प्रसार है। उसी समय त तापमापक की सहायता से छ का तापक्रम देख लेते हैं।

मान लो ।

गरम करने से पहले छ की लम्बाई ल शतांश मीटर है,

” ” ” छ का तापक्रम t° है,

गरम करनेसे छ की लम्बाईमें अधिकता अ शतांशमीटर हुई,

” छ का तापक्रम t° हुआ।

अब ल शतांशमीटर लम्बाई में ($t - t^{\circ}$) श तापक्रम बढ़ने से लम्बाई में प्रसार अ हुआ।

∴ १ शतांशमीटर लम्बाई में ($t - t^{\circ}$) श तापक्रम बढ़ने से लम्बाई में प्रसार हुआ $\frac{अ}{ल}$ ।

और एक शतांशमीटर लम्बाई में 1° श तापक्रम बढ़ने से लम्बाई में प्रसार हुआ $\frac{अ}{ल (t - t^{\circ})}$ शतांशमीटर।

परिभाषा—एक इकाई लम्बाई में 1° श तापक्रम बढ़ाने से जो प्रसार वा अधिकता होता है उसे लम्बप्रसारगुणक कहते हैं।

यदि लम्बप्रसार गुणक ग हो तो उक्त प्रयोग में जिस धातुको छड़ ली गई है उसका लम्बप्रसार गुणक $ग = \frac{\text{अ}}{\text{ल (थ-त)}}$ इसी प्रकार किसी ठोस पदार्थ का लम्बप्रसारगुणक निकाला जा सकता है । कुछ पदार्थों के लम्बप्रसार गुणक यह हैं:—

तांबा	००००१७१८	सीसा	००००२८५
कांच	०००००८८४	सेना	००००१४६६
जस्ता	००००३६४	कांसा	००००१८१६
चादी	००००१६१	स्फटम्	००००२३१
सफेद पत्थर	०००००८५	हीरा	०००००११८
गन्धक	००००६४१	लोहा	००००११२५
पीतल	००००१८७८	नमक	००००४०६
पररौप्यम्	०००००८८४	नौसादार	००००६३

उदाहरण १—२० मीटर लम्बी सेने की छड़ , ४००°श तापक्रम बढ़ाने से लम्बाई में कितनी हो जायगी ।

१ मीटर लम्बी छड़ १°श गरम करने से ००००१४६६ मीटर बढ़ती है
 " " ४००°श " ४००×००००१४६६ मीटर बढ़ेगी
 २० " " " $२० \times ४०० \times ००००१४६६$
 मीटर बढ़ेगी

$$= ११७२८ \text{ मीटर}$$

$$= ११ ७२८ \text{ शतांश मीटर}$$

इसलिये छड़की लम्बाई गरम करने के बाद २० मीटर ११.७२८ शतांशमीटर होगी ।

उदाहरण २—१० गज लम्बी लोहे की रेल तापक्रम 2100°C बढ़ाने पर लम्बाई में कितनी बढ़ जायगी ?

१ गज लम्बी लोहे की छड़ 1°C गरम होने से 0.00001125 गज बढ़ती है

१ गज लम्बी लोहे की छड़ 2100°C गरम होने से $2100 \times$

0.00001125 गज

$= 0.1125$ गज

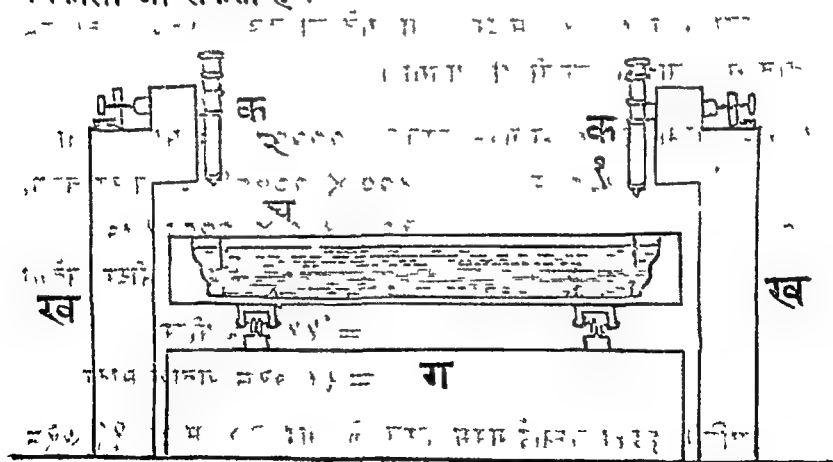
$= 8.05$ इंच

$=$ लगभग आठ इंच बढ़ती है

लम्ब प्रसार गुणक नापने की तुलना विधि

प्रयोग ६ :—इसी रीति से लम्ब प्रसार गुणक बहुत ठीक

निकाला जा सकता है ।



चित्र १५

क_१, क_२ दो सूक्ष्मदर्शक हैं जो कि दो खम्भों के बल रुके हुये हैं, और बाकी यंत्र से बिल्कुल अलग है। ग एक लकड़ी का तख्ता है जिस पर एक लम्बी छोटी टकी रखी हुई है। इस टकी में पहिये लगे हुए हैं। जिस छड़ का प्रसार गुणक निकालना हो, वह इस टकी में दो नोकों पर रख दी जाती है, और टकी में पानी भर दिया जाता है जिससे छड़ एक नियत तापक्रम पर रहती है। ऐसा ही एक और टकी में प्रामाणिक मोटर रखी रहती है। पहिले, इस प्रामाणिक मोटर वाली टकी को सूक्ष्मदर्शक के नीचे रखते हैं, और उस इधर उधर खसका कर ऐसा कर लेते हैं कि सूक्ष्मदर्शक का स्वस्तिक सूत्र मोटर के दो निशानों के ठीक ऊपर पड़े। अब क_१ और क_२ के बीच का फासिला ठीक एक मोटर हो गया। इसके बाद छड़ पर दो चिह्न एक मोटर के लगभग दूरी पर बना लिये जाते हैं। और इस टकी को सूक्ष्मदर्शक के नीचे रखा जाता है। टकी में ०° श पर पानी बहता है, क_१ और क_२ दोनों सूक्ष्म दर्शक द्वारा इन निशानों को बिम्बित (Focus) करते हैं। यदि छड़ के निशानों की दूरी एक मोटर से कमोवेश होगी तो उन दोनों को इधर उधर हटाना होगा। इनमें भा माप लगे हुए हैं, जिनसे, हटाव मालूम हो जाता है। इस प्रकार छड़ की लम्बाई ०° श पर ठीक ठीक मालूम हो जावेगी। फिर पानी को कुछ गरम करते हैं और इसका तापक्रम नाप लेते हैं, फिर सूक्ष्मदर्शक के स्वस्तिक सूत्रों को इन दोनों निशानों पर लाते हैं। इससे छड़की लम्बाई इस तापक्रम पर मालूम हो जाती है। दो तापक्रमों पर लम्बाई मालूम होने से लम्बप्रसार गुणक मालूम हो जाता है।

क्षेत्रप्रसार गुणक

तावे या लोहेकी कोई चौकोर तख्ती गरम की जाय तो उसका क्षेत्रफल बढ़ जायगा। गरम करनेसे लम्बाई बढ़ती है इसलिए तख्तीकी लम्बाई चौड़ाई बढ़ जायगी और लम्बाई चौड़ाईके बढ़नेसे क्षेत्रफल बढ़ा। किसी तापक्रमतक गरम करने से क्षेत्रफलमे जो अधिकता होगी उसे इस प्रकार जान सकते हैं। पहले तख्तीकी लम्बाई ख शताशमीटर चौड़ाई च शतांशमीटर तापक्रम त° श हैं। गरम करके तख्तीका तापक्रम थ° श कर लिया गया। यदि लम्बप्रसारगुणक ग माना जायगा तो

तख्तीकी लम्बाईमे अधिकता = $ल \times (थ - त) ग$, । और कुल लम्बाई = $ल + ल (थ - त) ग$ ।

मान लो कुल लम्बाई ला और चौड़ाई चा शताशमीटर हो तो ला = $ल + ल (थ - त) ग$ ।

यदि पहले तख्ती ०° श पर होती तो $त = ०$

और ला = $ल + ल थ ग = ल (१ + ग थ)$

इसी प्रकार कुल चौड़ाई चा = $च (ग + थ)$ ।

गरम करनेसे पहले तख्तीका क्षेत्रफल

= $ल च$ वर्ग शतांशमीटर

गरम करने पर तख्तीका क्षेत्रफल = ला \times चा

$$= ल (१ + ग थ) . च (१ + ग थ)$$

$$= ल च (१ + ग थ)^२$$

$$= ल च (१ + २ ग थ + ग^२ थ^२)$$

$$= ल च (१ + २ ग थ)$$

पदार्थों का लम्बप्रसार गुणक ग बहुत कम होता है (ऊपर देखो) । ग^२ और भी कम होगा । इस लिये ग^२ थ^२ को साधारण हिसाब मे छोड़ देते हैं ।

∴ क्षेत्रफल मे अधिकता

= लच (१ + २ गथ) — लच

= लच. २ गथ

विदित हुआ कि—

ल च वर्ग शतांशमीटर में थ^० श गरम करने से अधिकता
= लच २ गथ

१ " थ^० श गरम करने से
अधिकता = २ गथ

.. १ वर्ग शतांशमीटर १^० श गरम करनेसे अधिकता = २ गथ
परिभाषा—१ इकाई क्षेत्रफलका १^०श तापक्रम बढ़ाने से क्षेत्रफल में जो अधिकता (प्रसार) होती है उसे क्षेत्रप्रसार गुणक कहते हैं ।

. क्षेत्रप्रसारगुणक लम्बप्रसार गुणक का दोगुना हुआ ।

घनप्रसार गुणक

ठोसोमे लम्बाई चौड़ाई और मोटाई तीनों होती है । गरम करने से तीनों बढ़ती हैं इस लिये घनफल बढ़ जाता है ।

परिभाषा—१ इकाई घनफल को १^० तापक्रम बढ़ाने से घनफलमें जो अधिकता (प्रसार) होती है उसे घनप्रसार गुणक कहते हैं ।

ऐसे पदार्थको एक ईंट लोजिये जिसका घनप्रसार गुणक घ है जिसकी लम्बाई ल शम. चौड़ाई च शम. और मोटाई म. शम. और तापक्रम ०^० श है ।

घनफल = ल × च × म घनशतांशमीटर । ईंट को थोड़ा तक गरम करने से लम्बाई चौड़ाई और मोटाई बढ़ कर ला, चा और मा हो गई ।

अब ईंटका घनफल = ला × चा × मा घनशतांशमीटर

लेकिन ला = ल (१ + गथ)

चा = च (१ + गथ)

मा = म (१ + गथ)

ला चा मा ल = च म (१ + गथ)^३
 ल च म (१ + ३ गथ + ३ गथ^२ + गथ^३)

ग^२ और ग^३ बहुत छोटे हैं इसलिये साधारणतः छोड़ दिये जाते हैं

= ल च म (१ + ३ गथ)

थ^० श तक गरम करने से ईंट के घनफल में अधिकता

= ला चा मा - ल च म
 = ल च म ३ गथ

थ^० श तक गरम करने से ल च म में अधिकता = ल च म ३ गथ

थ^० श तक गरम करने से १ में अधिकता = ३ गथ

१^० श गरम करने से १ में अधिकता = ३ ग

परिमाणुनुसार यह घनप्रसार गुणक कि बराबर हुआ ।

इसलिए घ = ३ ग अथवा घनप्रसार गुणक लम्बप्रसार गुणक की तिगुना होता है ।

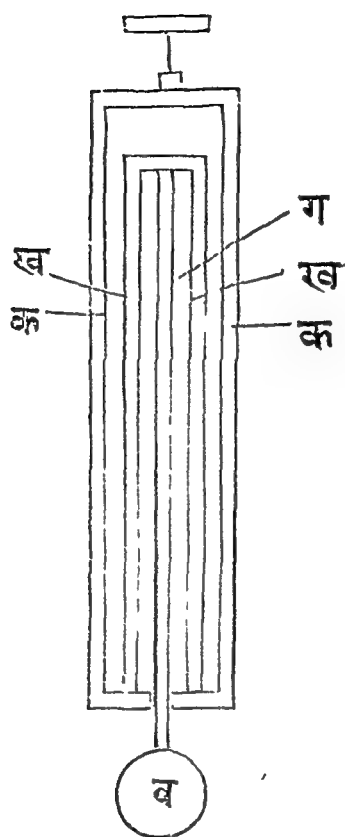
उपयोग

गरमी पाकर पदार्थ बढ़ते हैं । इस बात के ज्ञान से बहुत से उपयोगी कामों में सहायता मिलती है । इनमें से कुछ तो पहले बतलाये जा चुके हैं और कुछ का यहाँ उल्लेख किया जावेगा ।

विजली की बत्ती के तंतुओं के सिरो को कांच में होकर बाहर लाने के लिये तंतुके सिरे पर नकल-इस्पात का तार जोड़कर कांच में से लाते हैं। पररौप्यम् का तार भी काम में लाया जा सकता है। कारण यह कि, यह दोनों धातु और काँच गरमी पाकर एक-सा बढ़ते हैं। इस कारण सभी तापक्रमों पर जुड़े बने रहते हैं। यदि दो चीजें जुड़ी हो और गरमी पाकर अलग अलग बढ़ें तो जब कभी तापक्रम बदलेगा, जोड़ ढीला पड़ जावेगा।

मोटी पेदी वाले कांच के गिलास में अगर गरम पानी या दूध यकायक डाल दिया जावे या किसी एक जगह लौ से गरम कर दिया जावे तो यह अकसर तड़क जाते हैं। कारण यह कि काँच कुचालक है, इस कारण जब कभी गरम चीज अन्दर डाली जाती है तो भीतर बाहर तापक्रम एक सा बराबर नहीं रहने पाता बल्कि अन्दर ज्यादा और बाहर कम हो जाता है। इस लिये अन्दरका कांच बाहर के कांचसे ज्यादा फैलता है और कांच चटक जाता है। गलाया हुआ विल्लौर या शैलिका (silica) बहुत कम फैलता है। इस वजहसे इसको अगर यकायक बहुत गरम करें तो यह नहीं चटकता।

बड़े बड़े घटोमें हम देखते हैं कि एक लटकन लटका रहता है। यह इधर उधर घूमता रहता है। घड़ी का ठीक समय देना इस लटकन की छड़ की लम्बाई पर निर्भर है। अगर लंबाई बढ़ जाय तो घड़ी सुस्त चलने लगती है, और अगर घट जाय तो तेज चलने लगती है। इस लिये घड़ी गरमी में सुस्त और जाड़े में तेज हो जाया करे, इस दोष को दूर करने के लिये लटकन की छड़ इस प्रकार बनाते हैं।



चित्र १६

क, क, और ग लोहे की छड़ें हैं और ख, ख दस्ते की व लटकन का गोला है। जहाँ से लटकन लटकाया जाता है, वहाँ से इसकी दूरी घ + क—ख + ग।

गरमी पानी से ये सब बढ़ते हैं। अगर ल_१ और ल_२ लोहे

और दस्ते का लम्बप्रसार गुणक हो, तो त° तापक्रम पर यह दूरी

$$= (\text{घ} + \text{क} + \text{ग}) (1 + \text{ल}_1 \text{त}) - \text{ख} (1 + \text{ल}_2 \text{त})$$

$$= \text{घ} + \text{क} - \text{ख} + \text{ग}$$

घड़ी का समय न बदलने के लिये यह सम्बन्ध चाहिये

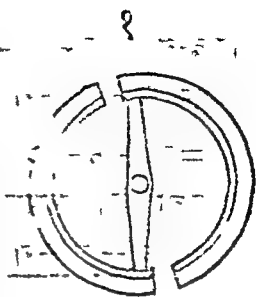
$$\therefore \frac{\text{घ} + \text{क} + \text{ग}}{\text{ख}} = \frac{\text{ल}_2}{\text{ल}_1}$$

इस उदाहरण में $\frac{\text{ल}_2}{\text{ल}_1} = \frac{180}{61}$

इसलिये समीकरण में बायें ओरकी राशि लगभग $2\frac{1}{2}$ के होनी चाहिये जिससे लोहे और दस्ते की छड़ों की लम्बाइयों का सम्बन्ध निकल आवे।

जेब घड़ी या अन्य छोटी घड़ियों में एक पहिया (balance wheel) होता है जो कमानी से घूमता है। घड़ी का समय कमानी की लचक और पहिये के व्यास और मात्रा पर निर्भर है। तापक्रम बढ़ने से लचक घट जाती है, और व्यास बढ़ जाता है। इन दोनों कारणोंसे घड़ी सुस्त पड़ जाती है। इस दोष को दूर करने के लिये पहिया दो धातुओं को मिला कर बनाया जाता है। अगर हम एक दस्ते की पत्ती लोहे की बराबर पत्ती पर जड़ दें और इन जुड़ो हुई पत्तियोंको आग में गरम करें तो ये टेढ़ी पड़ जायेंगी। कारण यह कि दस्ता लोहे से ज्यादा फैलता है।

पहिया चित्र (सं. १७) में दी हुई शकल का होता है। तापक्रम बढ़ने से जब छड़ झुकता है तो १, २ भागकेन्द्र के निकट आ जाते हैं जिससे फलित व्यास कम हो जाता है और यह लचक की केमी के असर को दूर कर देता है और खड़ी का समय नहीं बदलने पाता।



चित्र १७

अभ्यास के लिये प्रश्न

- १—दोनों का लम्बप्रसारगुणक कैसे निकालते हैं।
- २—लम्बप्रसारगुणक, क्षेत्रप्रसारगुणक और धनप्रसारगुणक की परिभाषा क्या है और इनमें आपस में क्या सम्बन्ध है।
- ३—एक १०-मीटर-लम्बी तावे की छड़ 0° श तक गरम की गई है उसकी लम्बाई में कितनी अधिकता होगी और गरम छड़ की लम्बाई क्या होगी?
- ४—एक पीतल की चादर ५ गज लंबी और तीन गज चौड़ी 0° श से 100° श तक गरम की गयी है, गरम छड़े का क्षेत्रफल क्या होगा?
- ५—एक तामक की ईंट 1° से 25° श तक गरम की गई तो उसके धनफल में क्या अधिकता हुई?

६-पानी का प्रसार



नी बहुत साधारण वस्तु है और उसका काम भी बहुत पड़ता है। आपेक्षिक घनत्व भी उसी से नापते हैं। इस लिए पानी के घनत्व पर गरमी का प्रभाव जानना हमारे लिए बड़े काम का होगा।

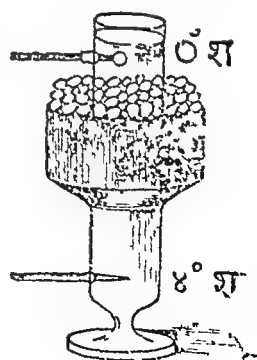
दूसरे अध्याय में हम परीक्षा करके देख चुके हैं कि गरमी से पानी का आयतन बढ़ जाता है और ठंडक से सिकुड़ जाता है। अब हम चाहे तो उसी काग में दूसरे छेद से एक तापमापक लगाकर पहले की नाई नपे पानी को भिन्न-भिन्न अंशों तक गरम करके देख सकते हैं कि कितने दर्जे की गरमी से आयतन कितना बढ़ा और एक मोटा हिसाब लगा सकते हैं कि शतांश तापमापक के प्रति अंश की गरमी से पानी का आयतन इतना बढ़ता है।

जब किसी पदार्थ का आयतन बढ़ जायगा, तो उसका प्रभाव उसके आपेक्षिक घनत्व पर अवश्य पड़ेगा। मान लीजिये कि १ घन इंच पानी बढ़ते बढ़ते $\frac{5}{8}$ घन इंच हो गया, तोल में तो कोई फरक आया नहीं, अर्थात् जो तोल १ घन इंच पानी की थी वही अब इस $\frac{5}{8}$ घन इंच पानी की भी होगी। सो यह बात कट हुई कि आयतन बढ़ने से पानी हलका हो गया, आपेक्षिक घनत्व में कमी आ गयी, घट गयी। इससे यह बात सहज सिद्ध हो जाती है कि गरमी से ज्यों ज्यों आयतन बढ़ है आपेक्षिक घनत्व में कमी आती जाती है और फैलता हुआ

पदार्थ हलका होता जाता है। ठंडक से ज्यों ज्यों आयतन घटता है, सिकुड़ने वाली चीज भारी होती जाती है।

पानी पर जब हम गरमी का प्रभाव साधारण दरजे से गरम करके जांचते हैं, तो आयतन को बढ़ता हुआ पाते हैं, पानी हलका होता जाता है, यहां तक कि 100° श तक खौल कर भाप बनने लगता है, पर जब हम साधारण दरजे से ठंडा करने लगते हैं तो आयतन घटता जाता है और पानी भारी होता जाता है। परन्तु पानी में एक बड़ी विचित्र बात यह है कि 4° श पर पहुंचा कर आयतन का घटना और घनत्व का बढ़ना रुक जाता है। इससे अधिक ठंडा करने से उलटी बात होती है। आयतन फिर बढ़ने और घनत्व घटने लगता है और 0° श पर बरफ जमकर पानी पर तैरने लगती है।

प्रयोग १०—होप नामक एक वैज्ञानिक ने यह एक प्रयोग सिद्ध किया। उसने लोहे का एक लंबा बरतन लिया। और बरफ से घेरने के लिये इसकी कमर में चारों ओर टीन का घेरा लगा दिया। बरतन में दो कागदार छेदों से दो तापमापक लगाये जिसकी घुंड़ी जल के भीतर रहे। अब बरतन में पानी भरा गया। दोनों तापमापकों में बराबर अशतक पारा चढ़ा। बाहरके प्याले में कूट कर बरफ भर दी गयी और ज्यादा ठंडा करने को नमकके छोटे छोटे टुकड़े भी डाल दिये गये। इस उपायसे बरतनका पानी ठंडा हुआ ठंडक से ऊपर का पानी सिकुड़ा और नीचे इबा और शीतके कारण



चित्र १८

नीचे वाले तापमापक में पारा उतरने लगा। इस तरह कुछ देरतक उतरता रहा, यहां तक कि 8° श तक आकर ठहर गया। इधर ऊपर के तापमापक का पारा भी उतरता रहा। परन्तु यह उतरता गया, यहां तक कि 0° श तक उतरा तो पानी के ऊपर बरफ जमने और तैरने लगी।

इसका कारण क्या है ? क्या बात है कि नीचेके पानी का तापक्रम 8° श से नीचे नहीं उतरा और ऊपर 0° श होकर बरफ तक जम गई ? क्या बात है कि पानी ठोस बन गया परन्तु अपने द्रव रूप से इतना हलका है कि तैर रहा है ?

हम जो कुछ इस अध्याय के आरंभ में कह आये हैं उस पर आप फिर विचार करें तो जवाब मिल जायगा। पानी ज्यो ठंडा होता जाता है त्यो त्यो भारी होता जाता है, और तले डूबता जाता है। पर ज्यो ही 8° श पर पहुंचा अपने घनत्व की हद को भी पहुंच गया। अब इससे भारी नहीं हो सकता, अब ज्यादा नहीं सिकुड़ सकता, अधिक से अधिक भारी होने के कारण नीचे बैठ रहा। 8° श से नीचे की ठंडक से पानी हलका होगा, सो नीचे क्यों आने लगा ? वह ऊपर को ही उठेगा और ठंडक ऊपर को ही बढ़ेगी। यहां तक कि ठंडक से बरफ जम गयी, आयतन और हल्कापन इतना बढ़ा कि तैरने लगी। यह ऐसी अदभुत बात है जिससे सृष्टिकर्ता की महिमा प्रत्यक्ष होती है। जो बात इस यंत्र में देखी गयी वही प्रकृति के बड़े बड़े यंत्रों में भी सदा दिखाई देती है।

बड़े शीत देशों में पृथ्वी के उत्तर और दक्षिण खंडों में जाड़ो में समुद्र का पानी ऐसा जम जाता है कि पानी की जगह कोसों बरफ का मैदान दीखता है। परन्तु केवल संतह

के ऊपरका पानी जमता है, नीचे 8° श का जल बना रहता है।
 क्यों ? आप अब बतली ही 'सकेंगे'। 'ऊपरी' ठंडक से पानी
 ठंडा होने लगता है, ज्यों ज्यों ठंडा होता गया तब डूबता गया,
 यहाँ तक कि सारा जल 8° श तक पहुँच जाता है। इससे
 अधिक शीत से पानी हल्का होकर ऊपर ही रह जाता है।
 और ठंडक से बढ़ते बढ़ते जम कर 'बरफ' बन जाता है।
 जब समुद्र ने बरफ का लिहाफ़ ओढ़ लिया फिर ऊपर की
 ठंडक से बँचा रहो। बरफ के ऊपर हवा की ठंडक— 20° श
 तक भी हो जाती है पर बरफ के नीचे का पानी 8° श
 का ही बना रहता है।

विचारिये, इससे दृष्ट का कितना बड़ा लाभ हुआ।
 यदि पानी बराबर 8° श से नीचे भी भारी होता जाता और
 डूबता जाता तो पहले समुद्र के तले का पानी जमता और
 जमत जमत सारा समुद्र जम जाता, जिससे हर साल
 जाड़ी में अनेक देशों में लाखों प्राणियों का नाश हो जाया
 करता। इसके सिवा एक बार जमा हुआ समुद्र सारे का सारा
 कभी न पिघल सकता। इस तरह जो महासागर असंख्य जीवों
 से भरापुरा है उजड़कर निजीव होने से वह रत्न न बनते, न
 पाये जाते जिनकी बदौलत रत्नाकर कहलाता है।

बरफ पानी में तैरती है इससे उसका हलकापन तो प्रत्यक्ष
 ही है पर अगर हम बरफ के एक टुकड़े का आयतन नाप लें
 और गला कर उसके पानी का आयतन भी नापें तो बरफ के
 आयतन से कम निकलगा, और बरफ का आपेक्षिक घनत्व
 $30/11$ वा ९ के लगभग होगा।

पानी जब जमकर बरफ बनने लगता है तो इतने जोर से

फैलता है कि अपने लिये ठौर बनाने को मनमानी कर डालता है। पहाड़ी देशों में बहुधा पानी के नल फट जाते हैं। कारण यही है कि पानी ठंडा होता जाता है और अन्त में बरफ बन कर अधिक स्थान लेता है। नल में इतना स्थान न हो तो उसे तोड़ कर बाहर निकल आता है। जहां यह हानि होती है वहां लाभ भी होता है। अपने इस गुण से पानी हमारे लिये अच्छी उपजाऊ भूमि नित्य बनाता जाता है। बरसात में पानी पहाड़ के दरारों में घुस जाता है और पड़ा रहता है। जाड़ों में जब यही जल जमकर बरफ बनजाता है तो अपने बल से चट्टानों को तोड़ डालता है। इसके असंख्य टुकड़े नदी नालों से बहकर चूर होते जाते हैं और बहते बहते नीची धरती या समुद्र के किनारों को पाट पाटकर नयी उपजाऊ और बसने योग्य भूमि बनाते हैं।

हम कह चुके हैं कि पानी जमने पर फैल जाता है अथवा यों कहिये कि पानी के टूट होने पर आयतन बढ़ जाता है और बरफ पिघलाई जाती है तो आयतन कम हो जाता है। यह भी साधारण बात है कि दबाने अथवा भार डालने से वस्तु सिकुड़ जाती है अथवा उसका आयतन कम हो जाता है। बरफ पर बहुत भार पड़े तो पिघल कर पानी हो जाती है; क्योंकि दबाव से वा भार से बरफ का आयतन कम हो जाता है, और उसके कम होने से बरफ जल हो जाती है।

यदि बरफ के टुकड़े पर तार रखें और तार के सिरों में दो भारी पत्थर बांधें तो आप देखेंगे कि तार बरफ को काटता हुआ नीचे गिर जाता है पर बरफ का टुकड़ा कटा हुआ नहीं दीखता। बात यह है कि बरफ की पहली तह पर तार का

भार पड़ने से उस स्थान से पानी बन गया और तार नीचे को गया, उसके ऊपर के उस जल पर भार कम हो जाने से वह फिर जमकर बरफ हो गया। इसी तरह तार धीरे धीरे पानी बनाता नीचे को जाता रहा और ऊपर का जल फिर जमकर बरफ बनता गया। यह प्रयोग टिंडल का प्रयोग कहलाता है।

ऊंचे ऊंचे पहाड़ों पर बरफ पड़ती रहती है। यही कुछ समय में इकट्ठा होकर एक बरफ की बड़ी ऊंची चट्टान बन जाती है। जब इसकी ऊंचाई इतनी हो जाती है कि नीचे की तह (जैसा कि ऊपर लिखा जा चुका है) भार पड़ने से गल कर पानी हो जाय तो ऊपर की चट्टान फिसल कर नीचे चलने लगती है। नीचे आने पर तापक्रम अधिक मिलता है और यह चट्टान (ग्लेशियर Glaciers) गल नदियों को पानी देती हैं। गंगा यमुना का जल हिमालय से इसी प्रकार आता है, और इसी कारण पहाड़ पर गर्मी में भी ठंडा मिलता है।

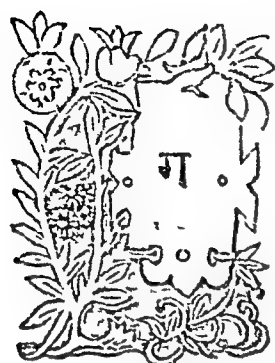
यह तमाशा केवल उन्हीं पदार्थों में देखा जाता है जो जल की भांति जमने पर फैलते हैं, क्योंकि द्रव पड़ने से यह सिकुड़ जाते हैं, अथवा द्रव हो जाते हैं।

अभ्यासके लिए प्रश्न

१—गरमी का पानी पर क्या प्रभाव पड़ता है ?

२—पानी में क्या विलक्षणता है, जिससे शीत प्रचान देशों में सारा समुद्र बरफ नहीं हो जाता ?

७--द्रवों का प्रसार



रमी पा कर द्रव पदार्थ फैलते हैं। द्रव पदार्थ वर्तन में रखे जाते हैं। इनका स्वयं कोई आकार नहीं होता, जिस वर्तन में रखे जाते हैं उसी के आकार के हो जाते हैं, अर्थात् इनमें कोई निश्चित लम्बाई चौड़ाई नहीं होती, केवल आयतन होता है। गरम करने से आयतन में जो अधिकता हो वह

नाप ली जाय तो घनप्रसारगुणक निकाला जा सकता है, विधि और हिसाब वही होगा जैसा ठोसों के घनप्रसार गुणक निकालने के लिए होता है।

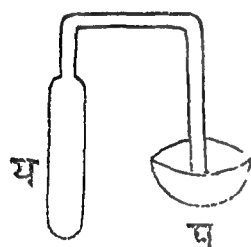
पर एक बात का ध्यान रखना आवश्यक है। द्रव सदा वर्तनों में रहते हैं। गरम करने से वर्तन भी फैलेंगे। द्रव के घनफल में हम तभी अधिकता देखेंगे जब यह अधिकता वर्तन के प्रसार से अधिक होगी। यदि वर्तन और द्रव में बराबर प्रसार हुआ हो या यों कहिये कि द्रव का घनफल जितना बढ़े उतना ही वर्तन का भी बढ़ जाय तो द्रव के घनफल में कुछ भी अधिकता न प्रतीत होगी।

द्रव में जो प्रसार प्रत्यक्ष होता है वह द्रव का असली प्रसार नहीं है। प्रत्यक्ष प्रसार में वर्तन का प्रसार जोड़ने पर असली प्रसार मालूम होगा। वर्तन ठोस पदार्थ के बने होते हैं, जिनका घनप्रसारगुणक मालूम होने से प्रसार निकाल लेते हैं। इस लिए नाधारणतः द्रव का प्रत्यक्षप्रसार (जो वर्तन में रखने से दीखे) नापते हैं और फिर असली प्रसार निकाल लेते हैं।

प्रत्यक्षप्रसार नाप कर प्रत्यक्ष घनप्रसारगुणक, सक्षेप मे प्रत्यक्ष गुणक, निकालते हैं क्योंकि १^० तापक्रम गरम करने से इकाई घनफल मे प्रत्यक्ष प्रसार को, परिभाषानुसार, प्रत्यक्षगुणक कहेंगे ।

प्रयोग ११—प्रत्यक्ष-प्रसारमापक द्वारा प्रत्यक्ष-प्रसार निकालने की विधि ।

इस यंत्र का रूप चित्र १६ देखने से मालूम हो जायगा । यह काच या विलौरी पत्थर का (quartz) होता है । इसका धड़ य चार शतांशमीटर लम्बा और एक शतांशमीटर मोटा



चित्र १९

होता है, इसकी सूंड़ दो बार समकोण पर मुड़ी हुई सूक्ष्म छेदवाली नली होती है । कभी कभी गर्दन समकोण मे नहीं मुड़ी होती है । इसको तोल कर इस प्रकार लटकाते हैं कि इसकी सूंड़ वर्तन मे रखे द्रव मे डूबी रहे ।

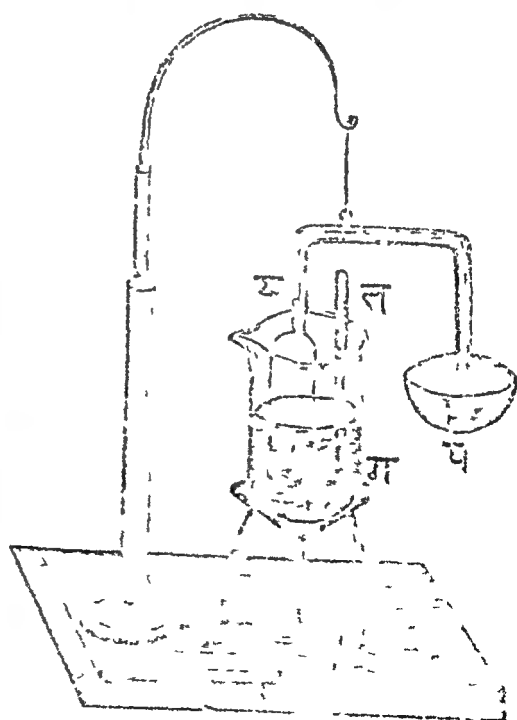
यंत्र के धड़ पर स्पिरिट लम्प की (वह लम्प जिसमे शराब या स्पिट जलाई जानी है) लौ ऊपर से नीचे और नीचे से ऊपर फेरते है । यन्त्र गरम हो जाता है, भीतर की हवा गरम होकर फैल जाती है, कुछ बुलबुले वर्तन के द्रव मे होकर निकलते दोख भी पड़ते है । लम्प को लौ हटानेसे यन्त्र ठंडा होता है, भीतरकी हवा सिकुड़ती है, कुछ द्रव भीतर आ जाता है । इस प्रकार क्रम से दो चार बार गरम और ठंडा करने पर यन्त्र सूंड़ के सिरे तक द्रव से भर जाता है ।

यन्त्र ठीक ऐसे ही टंगे टंगे पानी भरे गिलास में रख दिया जाता है। बिलकुल ठंडा हो जाने पर तापमापक से तापक्रम पढ़ लेते हैं। मान लो यह त^०श है। ध्यान रहे सूंड़ बराबर द्रव में डूबी रहे जिससे ठंडो होते समय हवा न घुस सके। अब रुमाल या चिमटी से यन्त्र को पकड़ कर तराजू के पलड़े में रख कर तोल लेते हैं। यंत्र को हाथ से न छूना चाहिये नहीं तो हाथ की गरमी से गरम होकर कुछ द्रव निकल पड़ना सम्भव है।

द्रव सहित यंत्र के बोझ में से यन्त्र का बोझ घटाने से त^०श तापक्रम पर यन्त्र भर द्रव का बोझ ब मालूम हुआ।

तराजू से उठा कर फिर गिलास में टांग देते हैं, पर सूंड़

द्रव में नहीं रखते। इस गिलास को तिपाई पर रख कर (चित्र २०) गरम करते हैं। गरम करने से कुछ द्रव सूंड़ से टपक पड़ता है, इसे निकल जाने देते हैं। तापक्रम पढ़ कर फिर तोल लेते हैं। मान लो यह तापक्रम त^०श है। द्रव सहित यंत्र के बोझ में से खाली यंत्र का बोझ घटाने से त^०श तापक्रम पर यंत्र भर द्रव का बोझ ब मालूम हुआ।



चित्र २०

व वोष्म है य घन श० मी० यत्र भर द्रव का त° श पर ।

वा वोष्म होगा $\frac{य \times वा}{व}$ घन श० मी० का त° श पर ।

वा वोष्म है य घन श० मी० का थ° श पर ।

यदि $\frac{य \times वा}{व}$ घनश० मी० द्रव त° श के लेकर थ° श तक गरम करें तो वोष्म तो वा ही बना रहेगा पर प्रसार के कारण घनफल य घन श० मी० है जायगा ।

इसलिए $\frac{य \times वा}{व}$ घन श० मी० द्रवमे (थ—त)° श गरम करनेसे

य $-\frac{य \times वा}{व}$ घन श० मी० प्रसार हुआ ।

१° श गरम करने से $\frac{१}{थ-त} \left(य - \frac{य \times वा}{व} \right)$ प्रसार हुआ ।

१° घन श० मी० को १° श गरम करने से प्रसार हुआ—

$$\frac{१}{थ-त} \left\{ \frac{१ - \frac{वा}{व}}{\frac{वा}{व}} \right\} = \frac{१}{थ-त} \times \frac{व-वा}{वा} \text{। यही प्रत्यक्ष प्रसार गुणक}$$

हुआ । प्रत्यक्ष प्रसार मे वर्तन का प्रसार जोड़ दिया जाय तो वास्तविक प्रसार ज्ञात हो जायगा ।

त° श तापक्रम पर किसी द्रव का घनफल व घन श० मी० है । उसे गरम करके थ° श तापक्रम पर ले आवें तो द्रव का वास्तविक प्रसार = प्रत्यक्ष प्रसार + वर्तन का प्रसार

$$\frac{\text{वास्तविक प्रसार}}{व \times (थ-त)} = \frac{\text{प्रत्यक्ष प्रसार}}{व \times (थ-त)} + \frac{\text{वर्तन का प्रसार}}{व \times (थ-त)} \text{।}$$

और वर्तनके उस भागका घनफल जिसमे द्रव है गरम करने से पहले व घन १० मी० ही था, इस लिए परिभाषानुसार—
वास्तविक प्रसार गुणक

$$= \text{प्रत्यक्ष प्रसार गुणक} + \text{वर्तनका प्रसार गुणक}।$$

इस प्रकार प्रत्यक्ष प्रसार गुणक निकाल कर वास्तविक प्रसारगुणक निकाल सकते हैं क्योंकि प्रत्यक्ष-प्रसार-मापक-यंत्र कांचके ही बने होते है और कांचका घनप्रसारगुणक निकालनेकी विधि पहिले लिख आये हैं।

घनत्व पर तापक्रम का प्रभाव

यदि हम एक द्रव जिसका कि घनफल घ_० हो तापक्रम ०° श पर लें और इसको त° श तक गरम करें तो उसका घनफल बढ़कर मान लीजिये कि घ_१ हो जाता है। मान लीजिये कि उसका घनत्व ०° श पर द_० है और त° श पर द_१। गरम करने से उसके बोझ मे कोई अन्तर नहीं होता इस लिये

$$०^{\circ} \text{ श पर बोझ} = \text{घ}_० \times \text{द}_०$$

$$\text{त}^{\circ} \text{ श पर बोझ} = \text{घ}_१ \times \text{द}_१$$

यदि द्रव का घनप्रसार गुणक घ हो तो

$$\text{घ}_१ = \text{घ}_० (१ + \text{छ. त})$$

$$\therefore \text{द}_० = \text{द}_१ (१ + \text{छ. त})$$

$$\text{क्योंकि घ}_० \times \text{द}_० = \text{घ}_१ \times \text{द}_१$$

अब हम आर्किमिडिस के सिद्धांत को काम में लाने वाली प्रत्यक्ष-प्रसार-गुणक निकालने की एक और विधि लिखेंगे।

एक ठोस वस्तु को (१) पहले हवा मे तौल लीजिये (२) फिर द्रव मे ०° श पर, और (३) फिर उसी द्रव मे त° श पर। पहली

तौल मे से दूसरी तौल घटाने से जो संख्या मिलेगी वह उस ठोस वस्तु के आयतन के बराबर द्रव की तौल होगी ।

पहली तौल मे से तीसरी तौल घटाने से उस वस्तु के तंश पर घनफल के बराबर द्रव के घनफल का तंश पर वोग्न होगा ।

मान लो कि

$$१ \text{ ली तौल} - २ \text{ री तौल} = व_०$$

$$१ \text{ ली तौल} - ३ \text{ री तौल} = व_{\text{त}}$$

और ०°श और तंश पर क्रमशः द्रव का घनत्व $द_०$ और $द_{\text{त}}$ है ।

$$\text{वस्तु का आयतन } ०^{\circ} \text{ पर} = \frac{व_०}{द_०}$$

$$\text{वस्तु का आयतन तंश पर} = \frac{व_{\text{त}}}{द_{\text{त}}}$$

अगर ठोस वस्तु का घनप्रसार गुणक ठ हो तो

$$\frac{व}{द} = \frac{व_०}{द_०} (१ + ठत)$$

$$\text{लेकिन } द_० = द (१ + छत)$$

$$\frac{व_०}{व} = \frac{१ + छत}{१ + ठत} \quad \dots (१)$$

$$= १ + (छ - ठ) त \quad \dots (२)$$

वस हम $व_०$, $व$, और $त$ जान लेने से $(छ - ठ)$ प्रत्यक्ष प्रसार गुणक मालूम कर लेते हैं । अगर साथ ही साथ ठ भी मालूम हो तो वास्तविक प्रसार गुणक भी निकल आता है ।

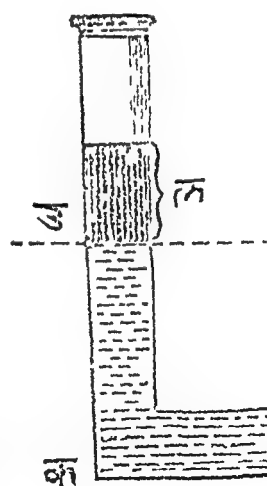
वास्तविक प्रसार-गुणक स्वयम् ही बिना प्रत्यक्षगुणक

द्रवों का प्रसार

निकाले भी निकाल सकते हैं। इस विधि का वर्णन न जाता है।

प्रयोग १२—चित्र २१ जैसी क और ख पर
मे मुड़ी हुई कांच की नली को समतल स्थान पर ख थोड़ा पारा भर दो। नली की दोनों भुजाओं में पारा उ और इ पर ठहरेगा। क ख समतल से उ और इ को ऊंचाई बराबर होगी। यह ऊंचाई बराबर है क्योंकि दोनों भुजाओं में पारे के ऊपर केवल वायु है और वायुका बोझ दोनों स्थानों पर बराबर है।

व भुजा में पारे के ऊपर कड़ुवा तेल और इ भुजा में मिट्टी का तेल भर दो। क ख से उ और इ की ऊंचाई एक ही रखने के लिए तेलों की ऊंचाई भिन्न भिन्न होगी, ल कड़ुवे तेल की और ला मिट्टी के तेल की। चूंकि उ और इ एक ही ऊंचाई पर हैं इस लिए इनके ऊपर बराबर बोझ है। एक ओर हवा और मिट्टी का दूसरी ओर हवा और कड़ुवा तेल है। हवा दोनों ओर बोझ डालती है इस लिए मिट्टी के तेल का बोझ =



चित्र २१

कड़ुवे तेल का वोलुम = घनफल \times घनत्व

= ल \times तेल के तलका क्षेत्रफल \times घनत्व

कड़ुवे तेल का वोलुम \div इकाई क्षेत्रफल पर = ल \times घनत्व

मिट्टी के तेल का वोलुम = घनफल \times घनत्व

= ला \times तेल के तलका क्षेत्रफल \times घनत्व

मिट्टी के तेल का वोलुम \div इकाई क्षेत्रफल पर = ला \times घनत्व

ल \times कड़ुवे तेल का घनत्व = ला \times मिट्टी के घनत्व

$$\frac{\text{मिट्टी के तेल का घनत्व}}{\text{कड़ुवे तेल का घनत्व}} = \frac{\text{ल}}{\text{ला}}$$

ध्यान रहे कि इकाई क्षेत्रफल पर वोलुम लिया है क्योंकि अब यदि नली की भुजाएँ समान न हों, एक कम और एक अधिक व्यासवाली हो, तो भी घनफलों और लम्बाइयों में यही सम्बन्ध पाया जायगा। सिद्ध हुआ कि किसी धरातल के ऊपर दोनों भुजाओं में इकाई क्षेत्रफल पर द्रव का वोलुम समान है।

जिस द्रव का वास्तविक प्रसार-गुणक निकालना है ऊपर वर्णित नली में भर लें। इस नली की एक भुजा को गरम करके और बाकी नली और दूसरी भुजा को ठंडी रहने दें। द्रव गरम होकर फैलेगा और हलका हो जायगा। गरम द्रव का घनत्व ठंडे से कम होगा, इस लिए गरम की हुई भुजा में द्रव की ऊँचाई अधिक होगी। ठंडे द्रव का घनत्व न और गरम का ना

कड़ुवे तेल का वोभ = घनफल \times घनत्व

= ल \times तेल के तलका क्षेत्रफल \times घनत्व

कड़ुवे तेल का वोभ \neq इकाई क्षेत्रफल पर = ल \times घनत्व

मिट्टी के तेल का वोभ = घनफल \times घनत्व

= ला \times तेल के तलका क्षेत्रफल \times घनत्व

मिट्टी के तेल का वोभ \neq इकाई क्षेत्रफल पर = ला \times घनत्व

ल \times कड़ुवे तेल का घनत्व = ला \times मिट्टी के घनत्व

$\frac{\text{मिट्टी के तेल का घनत्व}}{\text{कड़ुवे तेल का घनत्व}} = \frac{\text{ल}}{\text{ला}}$

ध्यान रहे कि इकाई क्षेत्रफल पर वोभ लिया है क्योंकि अब यदि नली की भुजाएँ समान न हो, एक कम और एक अधिक व्यासवाली हो, तो भी घनफलों और लम्बाइयों में यही सम्बन्ध पाया जायगा। सिद्ध हुआ कि किसी धरातल के ऊपर दोनों भुजाओं में इकाई क्षेत्रफल पर द्रव का वोभ समान है।

जिस द्रव का वास्तविक प्रसार-गुणक निकालना है ऊपर वर्णित नली में भर लो। इस नली की एक भुजा को गरम करके और बाकी नली और दूसरी भुजा को ठंडी रहने दो। द्रव गरम होकर फैलेगा और हलका हो जायगा। गरम द्रव का घनत्व ठंडे से कम होगा, इस लिए गरम की हुई भुजा में द्रव की ऊँचाई अधिक होगी। ठंडे द्रव का घनत्व न और गरम का ना

माने, तो

$$\frac{n}{\text{ना}} = \frac{\text{ला}}{\text{ल}}$$

$$\text{घनत्व} \times \text{आयतन} = \text{मात्रा},$$

$$\text{अर्थात् } n \cdot \text{अ} = \text{मात्रा}।$$

इसी मात्रा को गरम किया जाय तो मात्रामे कुछ भेद न पड़ेगा पर घनफल बढ़ जायगा, घनत्व घट जायगा।

अब भी

$$\text{घनत्व} \times \text{आयतन} = \text{मात्रा}$$

$$\text{अथवा } n \times \text{आ} = \text{मात्रा}$$

$$n \times \text{अ} = n \times \text{आ}$$

$$\text{या } \frac{\text{अ}}{\text{आ}} = \frac{n}{\text{ना}} = \frac{\text{ल}}{\text{ला}}$$

$$\text{अगर तापक्रम [थ - त]}^{\circ} \text{ श}$$

चित्र २२

बढाया हो तो

$$\text{आ} = \text{अ} [1 + \text{घ} (\text{थ} - \text{त})]$$

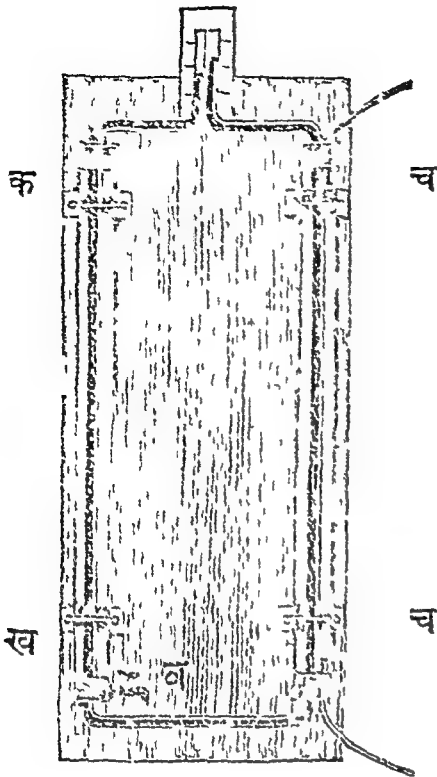
जहाँ घ वास्तविक घनप्रसारगुणक है—

$$\therefore \frac{\text{आ}}{\text{अ}} = 1 + \text{घ} (\text{थ} - \text{त}) = \frac{\text{ला}}{\text{ल}}$$

$$\text{या } \frac{\text{ला}}{\text{ल}} = \frac{\text{आ}}{\text{अ}} [1 + \text{घ} (\text{थ} - \text{त})]$$

$$\text{या } \text{घ} = \frac{\frac{\text{ला}}{\text{ल}} - \frac{\text{आ}}{\text{अ}}}{(\text{थ} - \text{त})}, \text{ घ वास्तविक प्रसारगुणक है।}$$

यह समीकरण साधारण हिसाब मे काम से लाया जाता



है। यदि घ की मात्रा और अधिक शुद्धता से निकालनी हो तो निम्न समीकरण का उपयोग करना होगा—

$$\text{अ} = \text{अ}_0 (1 + \text{घत})$$

$$\text{आ} = \text{अ}_0 (1 + \text{घथ})$$

$$\therefore \frac{\text{अ}}{\text{आ}} = \frac{1 + \text{घत}}{1 + \text{घथ}} = \frac{\text{ल}}{\text{ला}}$$

$$\therefore \text{घ} = \frac{\text{ला} - \text{ल}}{\text{लथ} - \text{लात}}$$

चित्र २२ में वह यत्र दिखाया है जिसकी सहायता से वास्तविक प्रसार गुणक निकाला जाता है।

एक शीशे की लम्बी नली लेकर उसे छः स्थानों पर समकोण पर मोड़ लिया है, जैसा चित्र से स्पष्ट होगा। इस प्रकार नली का एक चौखटासा बन गया है और उसके दोनों सिरे पास आ गये हैं जिससे उनमें के पारातलों की स्थिति देखने में आसानी होती है।

चौखटे की लम्बी खड़ी भुजायें कख, चछ दो चौड़ी नलियों में होकर निकाल ली जाती हैं और तब मोड़ी जाती हैं। ऐसा करने से उनके चारों ओर दो पेटियाँ हो जाती हैं जिनमें काग लगाकर एक में पानी और दूसरी में भाप भर सकते हैं जिससे एक भुजा का तापक्रम त^०श होता है और दूसरी का थ^०श। थ^०श तापक्रम को स्थिर रखने के लिये भाप बराबर भेजते रहते हैं। पारातलों के भेद से ला—ल मालूम हो जाता है और ल भुजा की लम्बाई है।

अभ्यास के लिये प्रश्न

१—द्रवों का लम्बप्रसारगुणक क्यों नहीं होता ?

२—प्रत्यक्ष और वास्तविक घनप्रसारगुणक की परिभाषा बतलाओ।

३—द्रवों का प्रत्यक्षप्रसारगुणक कैसे निकाला जाता है ?

४—द्रवों का वास्तविक प्रसारगुणक कैसे निकाला जाता है ?

५—१ सेर पारा 0° श से 100° श तक गरम किया गया तो उसके

घनफल में कितनी अधिकता हुई। पारे का घनत्व 0° श पर = 13.6

और पारे का घनप्रसारगुणक = 0.00123 ।

८—भारमापक



यु में भी बोझ है, यह साधारण प्रयोगों द्वारा सिद्ध कर सकते हैं। जैसे यदि किसी कुप्पी को तोल लें फिर वायु निःसारक यंत्र द्वारा इसमें की वायु निकाल डालें और फिर तोलें तो बोझ में कमी प्रतीत होगी। इससे प्रत्यक्ष होगा कि वायु में भी बोझ है।

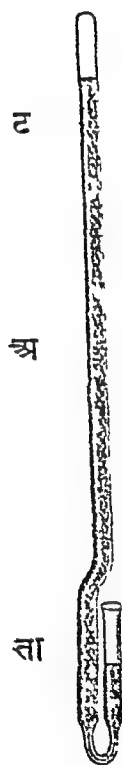
प्रयोग १३—चित्र २३ के आकारकी नली लीजिये। उसकी

एक अ भुजा ३६ इंच लम्बी हो और उसका मुंह म बन्द हो। दूसरी भुजा उ छोटी आठ इंच लम्बी और मुंह खुला हुआ हो। यह नली साधारण तिलक नली के समान है, केवल भेद यह है कि एक भुजा लम्बी है और उसका मुंह बन्द है। उसमें इस ढंग से पारा भरों कि कुल नली में से उ तक पारे से भर जाय। अब नलीको सीधा खड़ा करो। उ में से कुछ पारा निकल जायगा और अ में पारा कुछ उतर आवेगा। अ और उ के पारातलों की ऊंचाईका अन्तर ३० इंचके लगभग ठहरेगा। यदि उ में से कुछ

पारा निकाल दें तो अ के पारातल की ऊँचाई भी घटेगी, परन्तु अ और उ के पारातलो की ऊँचाई का अन्तर वही बना रहेगा।

भुजा उ मे त पर और भुजा अ मे ट पर पारातल स्थिर है त से होती हुई क्षितिज रेखा अ भुजा को ता मे काटे तो ता और ट के बीच का पारा ता की प्रति इकाई क्षेत्रफल पर जो

म बोझ डालता है वही बोझ त की प्रति इकाई क्षेत्रफल पर भी होना चाहिये। यदि ऐसा न होगा तो पारातल स्थिर भी न होगा। पर त पारातल पर वायुमण्डल की वायु के अतिरिक्त कुछ नहीं है। इस लिये वायुमण्डल का बोझ प्रति इकाई क्षेत्रफल पर वही है जो लगभग ३० इंच ऊँचे पारे का प्रति इकाई क्षेत्रफल पर है।



यदि एक सीधी गज भर लम्बी नली लेकर जिसका एक सिरा बन्द है पारे से लवालब भर लें और इस सिरों को अंगूठे से बन्द करके पारे से भरे प्याले ग मे इस प्रकार खड़ा कर दें कि खुला मुँह पारे के भीतर रहे और हवा नली के भीतर न पहुँचने पावे तो देखेंगे कि पारा नली मे कुछ उतर आया है और प्याले और इस नली के पारातलो की ऊँचाई का अन्तर तोस इंच के लगभग है। यह भी एक प्रकार की तिलक नलिका बन गयी जिसकी एक भुजा नली की है और दूसरी भुजा प्याले के ऊपर वाले वायुमण्डल की वायु की है। (चित्र २४)

चित्र २३

उपर्युक्त

नली टेढ़ी होने से पारातल की ऊँचाई नहीं बदलती। दोनों प्रकार के यंत्र वायुमण्डल की वायु का भार

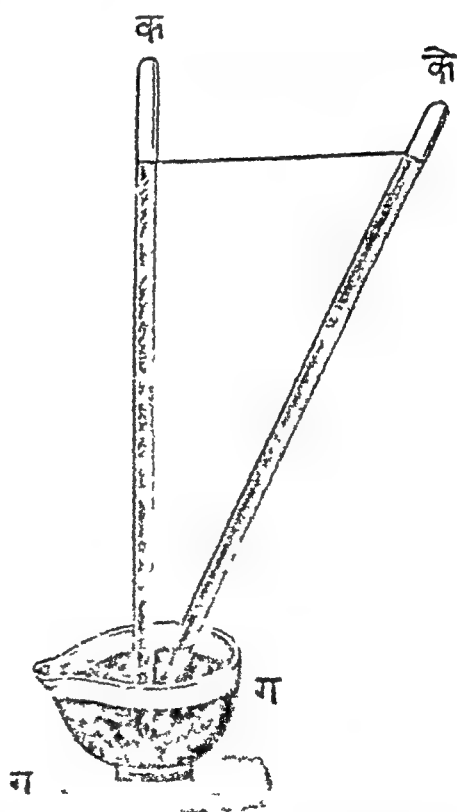
भारमापक

(वायु चाप) नापने के काम में आते हैं और वायु भारमापक यंत्र के नाम से प्रसिद्ध है।

वायुमण्डल की अवस्था बदलती रहती है, इसलिये वायुमण्डल की वायु का भार भी बदलता रहता है। इसलिये पारे की ऊँचाई नापने के लिये यंत्र में गज, मीटर इत्यादि लगे रहते हैं।

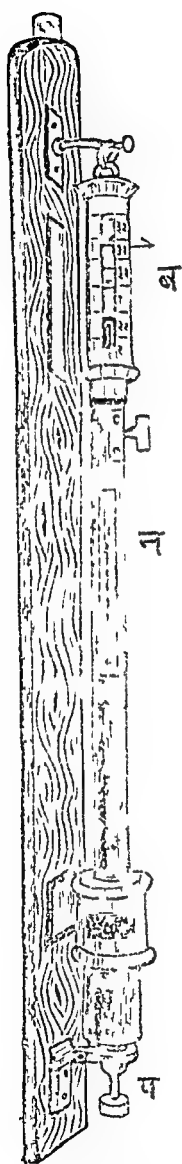
प्रति इकाई क्षेत्रफल पर वायुमण्डल की वायु के बोझ को वायुमण्डल के दबाव के नाम से सूचित करेंगे। यह बोझ पृथ्वी के प्रत्येक स्थान पर समान नहीं है, क्योंकि पृथ्वी की आकर्षण शक्ति जो बोझ का कारण है भिन्न भिन्न स्थानों पर भिन्न है।

इसलिये 85° शरान्त में समुद्रतल पर 760 सहस्रांश-मीटर ऊँचे पारे का इकाई क्षेत्रफल पर बोझ वायुमण्डल का प्रामाणिक बोझ माना जाता है।



ऐसे प्रयोग समय करने जिनमें वायुमण्डल के दबाव के कारण परोक्षा के फल में भेद सम्भव हो प्रयोग करने समय वायुभार मापक यंत्र में पारे की ऊँचाई देख लेना चाहिये। इन

चित्र २४ दोनों पात्रों की ऊँचाई या अन्तर नडा उही रहेगा।



स्थान की शर और समुद्रतल से इसकी ऊँचाई मापनी चाहिये ।

फोर्टिन का भारमापक

वायु का दबाव ठीक ठीक नापने के लिये बहुत से यंत्र बनाये गये हैं । नीचे फोर्टिन के भारमापक का वर्णन दिया जायेगा । यह भारमापक बहुत सी प्रयोगशालाओं में काम में लाया जाता है ।

एक नली न पारेके द्रवाशय(reservoir) में खड़ी की गई है । नली करीब करीब पारे से भरी है । जब वायु का बोझ घटता बढ़ता है तो पारेकी ऊँचाई भी घटती बढ़ती रहती है जिसके कारण पारे का धरातल द्रवाशय में घटता बढ़ता रहता है । इस कारण अगर हमें पारे की ऊँचाई नापना हो तो माप को ऊपर नीचे खसकाना होगा । इसको दूर करने के लिये द्रवाशय का नीचे का भाग सावर का बना होता है जिसको हम पेंच प से ऊपर नीचे हटा सकते हैं और ऐसा कर लेते हैं कि पारे के ऊपर का धरातल एक सूचक के सिरे को छूता रहे । माप का ० इस सूचक के नीचे की नोक से आरम्भ होता है । ठीक नापने ठीक के लिये एक वर्नियर ब भी लगा रहता है ।

अभ्यास के लिए प्रश्न

१—वायुमण्डल का दबाव कैसे निकाल सकते हैं ?

४—भारमापक यंत्र की नलीका व्यास यदि और मोटा या कम मोटा ले तो वायु चाप ३० इंच पारे से कम या अधिक हो जायगा ?

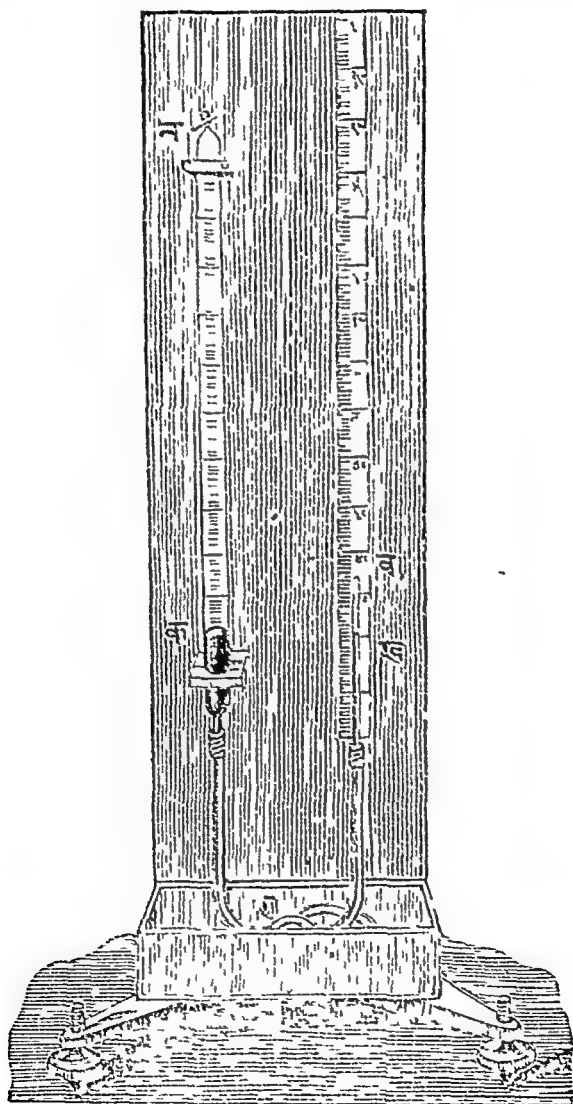
३—चित्र २३ में नली की एक भुजा कम व्यासवाली हो, दूसरी अधिक तो नली में पारातल की ऊँचाई घट जायगी अथवा बढ़ जायगी ?

४—वायुमण्डल का प्रमाणित बोझ क्या है ?



६—वायल का नियम

प्रयोग १३—चित्र २६ मे दिया हुआ एक यंत्र है जो बड़ी



चित्र २६

सरलता से बनाया जा सकता है। न एक कांच की नली है जिसका एक सिरा बन्द है और दूसरा खुला है। व एक छोटी कांच की नली है जिसके दोनों सिरे खुले हैं। दोनों नलियों को एक दूसरे के साथ खड़ की नली से जोड़ दिया है। इन नलियों को एक तख्ते पर जड़ कर नलियों के बीच में एक मीटरगज जड़ दिया है। यह ऐसा प्रबन्ध है कि व को तख्ते के जिस स्थान पर चाहे ठहरा दें। यंत्र तैयार हो गया।

अब व में पारा डालते हैं और नली को टेढ़ा करके हवा को निकल जाने देते हैं, जिससे दोनों नलियों में पारातल की ऊंचाई एक ही हो जाती है। नली व में पारातल पर वायु-मण्डल का दबाव है, इस लिए नली न में बन्द वायु का दबाव, पारातल पर, वायुमण्डल के दबाव के बराबर है। नली व को यदि ऊपर उठावे तो न नली के भीतर भी पारातल ऊपर चढ़ेगा। इससे जान पड़ा कि न में वायु का आयतन घट रहा है।

दोनों नलियों में पारातल की ऊंचाई एक ही न होगी। व नली में पारातल अधिक ऊंचा रहेगा। मीटर की सहायता से नलियों में पारातल की ऊंचाई सरलता से नाप सकते हैं।

व नली के पारातल पर वायु मण्डल का दबाव रहता है और न नली के पारातल पर बन्द हवा का दबाव है, इस लिए—

न में पारातल पर दबाव = वायुमण्डल का दबाव + दोनों नलियों के पारातलों की ऊंचाई में भेद।

यदि व नली इतनी उठाई जाय कि पारातलों की ऊंचाई का भेद वायुभारमापक यंत्र के पारे की ऊंचाई के बराबर हो जाय तो न नली की वायु का आयतन पहले से आधा हो जायगा।

वायुमण्डल का दबाव वायुभारमापक यंत्र में पारे की ऊंचाई के बराबर होता है, जैसा पहले सिद्ध कर आये है। इसलिए न नलीवाली वायु का दबाव पारातलपर वायुमण्डलके दबावका दो गुना है। सिद्ध हुआ कि दबावको दोगुना करनेसे वायुका आयतन आधा हो जाता है। यही दबाव वायुमण्डल के दबाव का तिगुना कर दिया जाय तो वायु का आयतन तिहाई हो जायगा। जैसे जैसे दबाव बढ़ते जायेंगे आयतन घटता जायगा और दबाव घटाने से आयतन बढ़ेगा। इस प्रयोग में न नलीवाली वायुका तापक्रम बराबर एक ही रहता है।

पहले पहले वायल ने यह प्रयोग करके वायु के आयतन और उसके दबाव में जो सम्बन्ध है निकाला था। इस सम्बन्ध को उन्होंने एक नियमके रूपमें रखा जो अब वायल का नियम के नाम से प्रसिद्ध है। वह नियम यह है—

यदि गैस की नियत मात्रा लेकर उसका दबाव घटावे बढ़ावे, पर तापक्रमको न बदले, तो आयतन और दबाव का गुणनफल एक ही रहेगा।

इस नियम का बीजात्मक रूप यह है, $P \times V = \text{अचल राशि}$, यदि तापक्रम अचल रहे। यहां P आयतन और V गैस के दबाव के लिए लिखा है।

ऊपर वायल के प्रयोग का वर्णन करते हुए वायु को ही लिया है पर भिन्न भिन्न गैसों को लेकर प्रयोग करने से भिन्न भिन्न गैसों के लिए इस नियम की सत्यता सिद्ध की जा सकती है।

प्रयोग करते समय न नलीवाली वायु का तापक्रम 15° श, 20° श, 25° श, इत्यादि कुछ भी रख सकते हैं, पर जो

कोई तापक्रम, जैसे २०°श, लिया जाय तो वह प्रयोग के समय बदला न जाय, २०°श ही रहे। एक ही गैस के साथ भिन्न भिन्न तापक्रमों पर प्रयोग करने से यह ज्ञात होगा कि कुछ तापक्रमों पर आयतन और दबाव का गुणनफल दबाव बढ़ानेसे बढ़ता जाता है और कुछ तापक्रमों पर यह गुणनफल दबाव बढ़ाने से घटता जाता है, पर प्रत्येक गैस के लिये एक विशेष तापक्रम ऐसा है जिस पर प्रयोग करने से वायलका नियम विलकुल सत्य ठहरेगा। भिन्न भिन्न गैसों के लिए यह तापक्रम भिन्न होता है। इस तापक्रम को व्युत्क्रम का तापक्रम कहते हैं, क्योंकि आयतन और दबाव का गुणनफल इस तापक्रम के नीचे दबाव बढ़ानेसे घटता है और इस तापक्रम के ऊपर बढ़ता है।

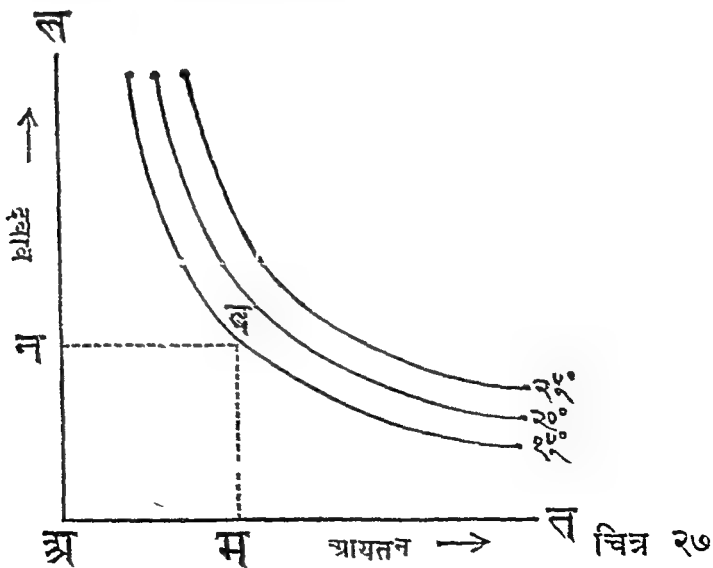
जब किसी गैस का आचरण वायल के नियमानुसार होता है वह आदर्श गैस कहलाती है। प्रत्येक गैस अपने व्युत्क्रम के तापक्रम पर आदर्श गैस का व्यवहार करती है। जो गैस प्रत्येक तापक्रम पर आदर्श हो वही पूर्ण आदर्श गैस है, और केवल उसीको हम आदर्श गैस कहेंगे।

वायल का नियम सिद्ध करने वाले प्रयोग में आयतन और दबाव के भिन्न भिन्न फलों को नीचे दिये हुए नकशे में लिखना चाहिये—

गैस ... तापक्रम ... ।

संख्या	आयतन	दबाव	गुणनफल
१			
२			

यदि १० या १२ भिन्न आयतनों और उनके दबावों का गुणनफल निकाले तो देखेंगे कि गुणनफल वाले खाने में प्रायः ऐसी संख्या आती है जिनमें बहुत कम भेद है और यह भेद



हमारी जांच में कुछ अशुद्धता के कारण है। संख्या १ वाले आयतनको चित्र २७ में अत पर और दबाव को अल पर प्रदर्शित करें तो एक बिन्दु मिलेगा। इसी प्रकार संख्या २, ३ इत्यादि से एक एक बिन्दु मिलेगा। उन सब बिन्दुओं को जोड़ देने से एक वक्र बनेगा जो चित्र २७ में दिखलाया है। इस वक्र को सन्तापक्रमक वक्र कहते हैं, क्योंकि इस वक्रके बिन्दु निकालते समय तापक्रम एक ही रहा है।

भिन्न भिन्न तापक्रमों पर प्रयोग करने से प्रत्येक के लिए एक सन्तापक्रमक वक्र बनेगा। चित्र २७ में 15°श , 20°श और 25°श के तीन सन्तापक्रमक दिखाये गये हैं। वह सब एक दूसरे के समान और समानान्तर हैं और कोई किसी को काटता नहीं। बीजग्यामिति के शब्दों में कहना चाहिये कि सन्तापक्रमक वक्र का समीकरण है—“ $\text{अ} \times \text{द} = \text{अचलराशि}$ ”।

अभ्यास के लिए प्रश्न ।

- १—वायल का नियम क्या है ?
- २—वायल का नियम कैसे सिद्ध करते हैं ?
- ३—भिन्न भिन्न तापक्रमों पर प्रयोग में आयतन और दबाव के गुणनफल में क्या अन्तर होता जान पड़ता है ?
- ४—सन्तापक्रमक वक्र किसे कहते हैं ? यह कैसे बनाए जाते हैं ? सन्तापक्रमक वक्र का समीकरण क्या है ?
- ५—आदर्श गैस किसे कहते हैं ? पूर्ण आदर्श गैसों और आदर्श गैस में क्या भेद है ?
- ६—व्युत्क्रमक तापक्रम किसे कहते हैं ?
- ७—क्या प्रत्येक गैस आदर्श गैस नहीं जा सकती है ? प्रत्येक गैस का आदर्श गैस का व्यवहार करती है ?

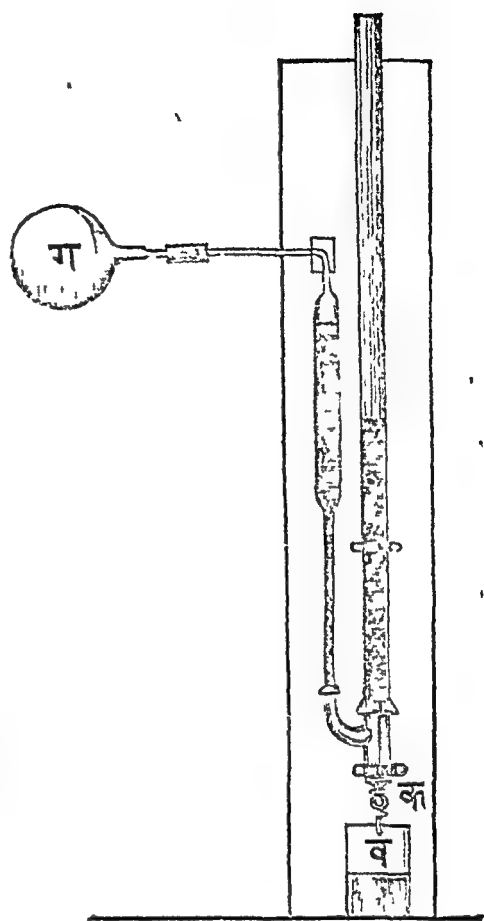
१०—गैसो का प्रसार ।



से ठोस और द्रव गरमी पाकर आयतन में बढ़ जाते हैं ऐसे ही गैसों भी गरमी पाने से आयतन में बढ़ती और गरमी निकाल लेने से, ठंडा करने से आयतन में घट जाती है। पर गैसों में एक विशेषता यह है कि चाहे उनका तापक्रम न बदला जाय, न गरमी दी जाय और न कम को जाय, तो भी केवल दबाव के घटाने बढ़ाने से आयतन में परिवर्तन हो जाता है।

अध्याय ९ में वायु का नियम सिद्ध करते हुए यह सिद्ध किया गया है कि तापक्रम समान रखने पर आयतन \times दबाव = अचल राशि। इसलिए गैसों के प्रसार सम्बन्धी प्रयोग करते समय इस बात का ध्यान रहे कि यदि हम तापक्रम के परिवर्तन के कारण आयतन का प्रसार, तत्सम्बन्धी नियम और प्रसारगुणक जानना चाहें तो दबाव न बदलने देना चाहिये, नहीं तो प्रयोग निष्फल होगा क्योंकि यह नहीं मालूम होगा कि आयतन तापक्रम के अथवा दबाव के कारण बदल रहा है और कितना किसके कारण। इसी लिए जब दबाव और आयतन का सम्बन्ध जानना चाहते हैं तो तापक्रम नहीं बदलते और वायु के नियम में तापक्रम समान लेते हैं।

गैसों भी द्रवों की तरह
वरतनों में रखी जाती हैं।
इसलिए द्रवों की तरह गैसों
में भी केवल घनप्रसार नाप
कर घनप्रसार गुणक निकाल-
ते हैं। गैसों पारदर्शक
होती हैं, इसलिए गैसों का
घनप्रसार गुणक निकालने
वाला यन्त्र द्रवोंवाले यन्त्रसे
भिन्न होता है। इसका चित्र
और वर्णन दिया जाता है।



चित्र २८

प्रयोग १४—यह यन्त्र
बिल्कुल वैसा ही होता है
जैसा वायलका नियम सिद्ध
करनेवाला यन्त्र। भेद केवल
इतना ही है कि नली न के
स्थान पर एक शीशेका बल्ब,
ग, रहता है, जिस पर कि नली
वारिक छेदकी होती है और समकोण पर मुड़ी रहती है। (देखिये
चित्र २८)

इस वारिक छेदवाली नलीसे एक चौड़ी नली भी जुड़ी
हुई है, जिसका दूसरा सिरा वायलके नियमवाले यन्त्रकी तरह
दूसरी चौड़ी नलीसे रबड़ या शीशेकी नली द्वारा जोड़ दिया
जाता है। इसमें एक टोटी क भी लगी है। प्रयोग करनेके लिए
बल्ब ग का आयतन निकाल लिया जाता है। खुली नली में से

पारा यन्त्रमे बांयी चौड़ी नली के पे'दे तक भर लिया जाता है। बल्ब ग बरफ मे रख दिया जाता है, जिससे उसके अन्दर की हवा सिकुड़ने लगती है। खुली नलीको ऊपर नीचे खिसका कर या पारा भरकर ऐसे स्थान पर ले आते है कि पारा चौड़ी नली के ऊपरके सिरेके पास पहुच जाता है और उसका पृष्ठ दोनो नलियो मे समान रहता है। ऐसी अवस्था मे बल्ब के अन्दर की हवा का दबाव वायुमण्डल के दबावके बराबर होता है। बल्ब ग बरफमे से निकाल कर भाप मे रखा जाता है। टोटीके रास्तेसे पारा चौड़ी नलीसे निकालते जाते है जबतक कि पारेका पृष्ठ दोनो नलियोमे समान नहीं हो जाता। इस उपायसे बल्बके अन्दरकी हवाका दबाव ठंडी और गरम दोनो अवस्थाओमे एक ही रहता है। [पारा तोल लिया जाता है और इस तोलको पारेके घनत्वसे भाग देकर उसका आयतन निकाल लिया जाता है। यही बल्बके अन्दरवाली हवाको बरफके तापक्रमसे भापके तापक्रम तक गरम करनेसे उसके आयतनमे अधिकता हुई।]

मानलो बल्बका आयतन अ घन शतांशमीटर है और यह अधिकता र घन शतांशमीटर है तो एक घन शतांशमीटर मे 100° श के लगभग गरम करने से अधिकता हुई $\frac{r}{\alpha}$ ।

जितनी अधिकता प्रति घन शताशमीटर मे 1° श गरम करनेसे होती है घनप्रसार-गुणक कहलाती है।

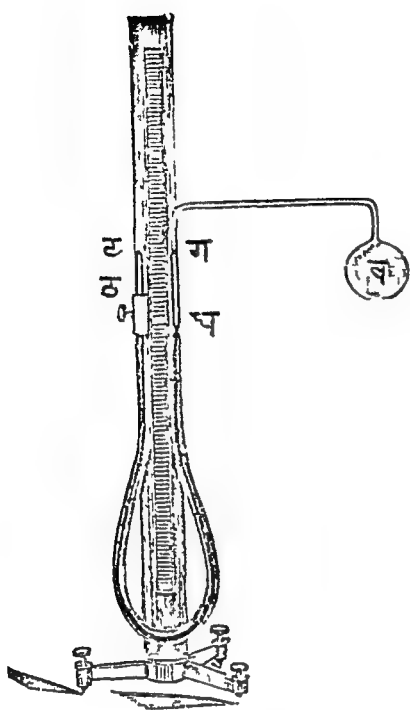
$$\text{इसी कारण घनप्रसार-गुणक } k = \frac{r}{\alpha \times 100}$$

यह संख्या $\frac{1}{2.73}$ के लगभग मिलेगी और विचित्र बात यह है कि प्रत्येक गैसके लिए करीब करीब इतनी ही पायी जायगी। दूसरी विचित्रता गैसोंमें यह है कि तापक्रम बढ़ानेसे, पर आयतन न बदलने देने से, दबाव बढ़ता है। 1° श तापक्रम बढ़ाने से एक शतांशमीटर के दबाव में जो अधिकता होती है वह दबावगुणक कहलाती है और घनप्रसारगुणकके बराबर होती है।

प्रयोग १५—इसकी जांच इस प्रकारके यन्त्रसेकी जाती है। व शीशेका बल्ब है, (देखिये चित्र २६) जिसके मुंहसे दो बार समकोण पर मुड़ी हुई एक बारीक छेदवाली शीशेकी नली जुड़ी हुई है। यह नली और यन्त्रोंकी तरह एक खुली नलीसे रबड़की नली द्वारा जुड़ी है। यह नलियां एक लकड़ीके तख्तेपर लगी होती हैं। इनके बीच में एक गज लगा होता है। खुली नली ऊपर नीचे खिसकाई जा सकती है और जी चाहे उसी स्थान पर ठहरायी भी जा सकती है।

बल्ब को बरफमें रखकर खुली नलीको ऊपर नीचे खिसका-कार पारा बारीक छेदवाली नलीमें ग स्थान पर ले आते हैं। या तो इस स्थानपर नलीपर ही कोई चिह्न बना होता है या गजका जो चिह्न पारेको पृष्ठसे समतल होता है लिख लिया जाता है। दोनों नलियोंके पारेकी पृष्ठोंकी ऊंचाईमें जो भेद होता है वह भी लिख लिया जाता है।

खुली नली के पारे की पृष्ठ पर तो दबाव वायुमंडल के दबावके बराबर होता है और यह भारमापककी



ऊंचाई देखनेसे मालूम कर लिया जाता है। वारीक छेदवाली नलीके पारेके पृष्ठपर गैसका दबाव है जो भारमापककी ऊंचाईमें पृष्ठोंकी ऊचाइयोंका अन्तर जोड़ने या घटानेसे मालूमकर लिया जाता है।

अब बल्बको खोलते हुए पानी या भापमे रखकर गरम करते हैं, वारीक छेदवाली नलीका पारा गिरता चला जाता है और खुली नलीमें चढ़ता चला जाता है। खुली नली ऊपर खिसकाकर वारीक छेदवाली नलीमें पारा

चित्र २६
फिर पहले स्थानपर ही ले आते हैं और दोनों नलियोंके पारेकी पृष्ठोंकी ऊंचाईका अन्तर लिख लेते हैं। इसमें वायुमंलका दबाव जोड़नेसे खोलते पानीके तापक्रम पर गैसका दबाव मालूम हुआ। इस दबावमेंसे पहलेका दबाव घटानेसे दबावमें अधिकता मालूम हो जाती है।

इस अधिकताको शून्यपरके दबाव और तापक्रमके भेदके गुणनफल से भाग देनेपर दबावगुणक मालूम हो जायगा। स्मरण रहे कि यह सरल रीति उसी समय काम आ सकती है जब बल्बको पहले वरफ में रख लिया हो।

यदि किसी वस्तुका तापक्रम मालूम करना हो तो उसे इस यन्त्रके बल्बसे स्पर्श कराना चाहिये। जब बल्बका तापक्रम वस्तुके तापक्रमके बराबर आ जायगा तो गैसके दबाव में अधिकता होगी और उस अधिकताको जानकर उस गैसके दबावगुणककी सहायतासे तापक्रम निकाला जा सकता है। उद्जन गैसका दबावगुणक निकाल लिया गया है और उसी गैसका ऐसा यन्त्र बना कर जिसको उद्जनका स्थिरायतन ताप-मापक कहते हैं, साधारण तापमापकोपर चिह्न लगानेके काममें लाते हैं।

ऊपर सिद्ध किया जा चुका है कि घनप्रसार गुणक, क,

$$k = \frac{\alpha - \alpha_0}{\alpha_0 \text{ त}}.$$

यदि α , और α_0 गैस का आयतन t° श और 0° श पर हो। उसी प्रकार दबाव गुणक ख,

$$x = \frac{d - d_0}{d_0 \text{ त}}.$$

यदि d और d_0 गैस का दबाव t° श और 0° श पर हो।

यदि संसार की सब गैसों के लिये k और x ऊपर की भांति निकाले जायं तो यह मालूम होगा कि आदर्श गैसों के लिये $k = x = 0.00366 = \frac{1}{273}$ यह चार्ल्स का नियम कहलाता है। उसके अनुसार अगर बहुत से गैसों का बराबर आयतन ले और उनका तापक्रम 1° बढ़ा दें तो सब का आयतन बराबर बढ़ेगा

$$\left(= \frac{1}{273} \times \text{आयतन } 0^\circ \text{ श पर} \right)।$$

नीचे एक सारिणी दी जाती है जिसमें बहुत सी गैसों के लिये क और ख का मान दिया हुआ है। शुरू का दबाव १ मीटर पारे का है।

गैस	क	ख
उर्जन	०.००३६६	०.००३६६
ओषजन	—	०.००३६७
नोषजन	०.००३६७	०.००३६७
हवा	०.००३६७	०.००३६७
हिमजन	—	०.००३६६
कर्बन द्विअपिद	०.००३७४	०.००३७२

इस सारिणीमें यह स्पष्ट है कि जो गैस आसानी से द्रव हो जाती हैं उनके लिए क और ख का मान ०.००३६६ से बहुत भिन्न है। आदर्श गैसों के लिये क और ख का मान बिल्कुल बराबर होना चाहिये। यह मान $\frac{1}{273.2} = 0.0036608$ होता है। वास्तव में कोई भी गैस पूर्णतः आदर्श नहीं है।

ऊपर हम बता चुके हैं कि

$$\alpha = \alpha_0 (1 + कत)$$

जिसमें $क = \frac{1}{273}$ इस लिये अगर गैस ठंडी की जाय,

यहाँ तक कि उसका तापक्रम $-\frac{1}{k} = -273^\circ$ श हो जाय तो गैस का आयतन कुछ नहीं रह जायगा। इस तापक्रम को निरपेक्ष शून्य कहते हैं। यह सच है कि गैस इस तापक्रम तक पहुँचने के पहले ही द्रव या ठोस हो जावेगी, और तब बायल और चार्ल्स के नियम का पालन न करेगा। पर तब भी निरपेक्ष-शून्य इस दृष्टिसे बहुत ही महत्वपूर्ण है कि जैसा कि तापगत विज्ञान से स्पष्ट है कि इससे कम तापक्रम हो ही नहीं सकता।

विज्ञान में तापक्रम बहुधा निरपेक्ष शून्य से नापा जाता है और इस मापको निरपेक्ष या केल्विन माप कहते हैं। इस पैमाने पर हिमांक $= 273^\circ \text{क}$, कथनांक $= 373^\circ \text{क}$ और कोई तापक्रम $t^\circ \text{श}$ $= (273 + t)^\circ \text{क}$, (क से केल्विन माप से तात्पर्य है।)

ऊपर हम बता चुके हैं कि

$$\begin{aligned} A &= A_0 (1 + kt) \\ &= \frac{A_0}{k} \left(\frac{1}{k} + t \right) = \frac{A_0}{k} t_k \end{aligned}$$

जहाँ $t_k = t + 273 =$ तापक्रम निरपेक्ष या केल्विन मापपर

$$\therefore \frac{A}{A_0} = \frac{t_k}{t_0}$$

$$\therefore \frac{1}{k} = t_0 \text{ हिमांक निरपेक्ष माप पर।}$$

$$\text{इसी तरह } \frac{A_1}{A_0} = \frac{t_{k1}}{t_0}$$

$$\frac{अ_1}{अ} = \frac{त_{क_1}}{त_०}$$

अब हम इस प्रश्न का उत्तर निकालेंगे कि —अगर किसी गैस का आयतन $अ_१$, दबाव $द_१$ और तापक्रम $त_{क_१}$ है तो बतावो कि उसका आयतन $द_१$ दबा और $त_{क_१}$ तापक्रम पर क्या होगा ?

मान लो कि उसका आयतन = $अ_०$ और अगर हम पहिले गैस का तापक्रम $त_{क_१}$ पर स्थिर रखते है और दबाव $द_०$ कर दें, तो बॉयल के नियम के अनुसार उसका आयतन

$$ग = \frac{द_१ अ_१}{द_०}$$

और फिर ग का तापक्रम भी $त_{क_१}$ से $त_{क_२}$ कर दे तो चार्ल्स नियम के अनुसार

$$\frac{ग}{त_{क_१}} = \frac{अ_२}{त_{क_२}} \dots \dots \dots (१)$$

(१) (२) के मिलाने से

$$\frac{द_१ अ_१}{द_२} = \frac{अ_२ त_{क_१}}{त_{क_२}} \dots \dots (२)$$

$$\text{या } \frac{अ_१ द_१}{त_{क_१}} = \frac{अ_२ द_२}{त_{क_२}} \dots (३)$$

यही आदर्श गैस समीकरण है ।

इससे मालूम हुआ कि अगर गैस की मात्रा स्थिर रहे तो

$\frac{अ_१ द_१}{त_क_१}$ भी स्थिर रहता है ।

इसका मूल्य निकालने के लिये हम इन्को प्रमाणिक अवस्था पर लिखते हैं

$$\frac{अ_१ द_१}{त_क_१} = \frac{अ_० द_०}{त_क_०} = २'$$

हम यह जानते हैं कि हर गैस के ग्राम अणु का आयतन ०° श और ७६ श म पर २२.३ लीटर होता है इस लिये

$$२ = \frac{२२.३ + १००० + ७६ + १३.६ + ६८०}{२७३}$$

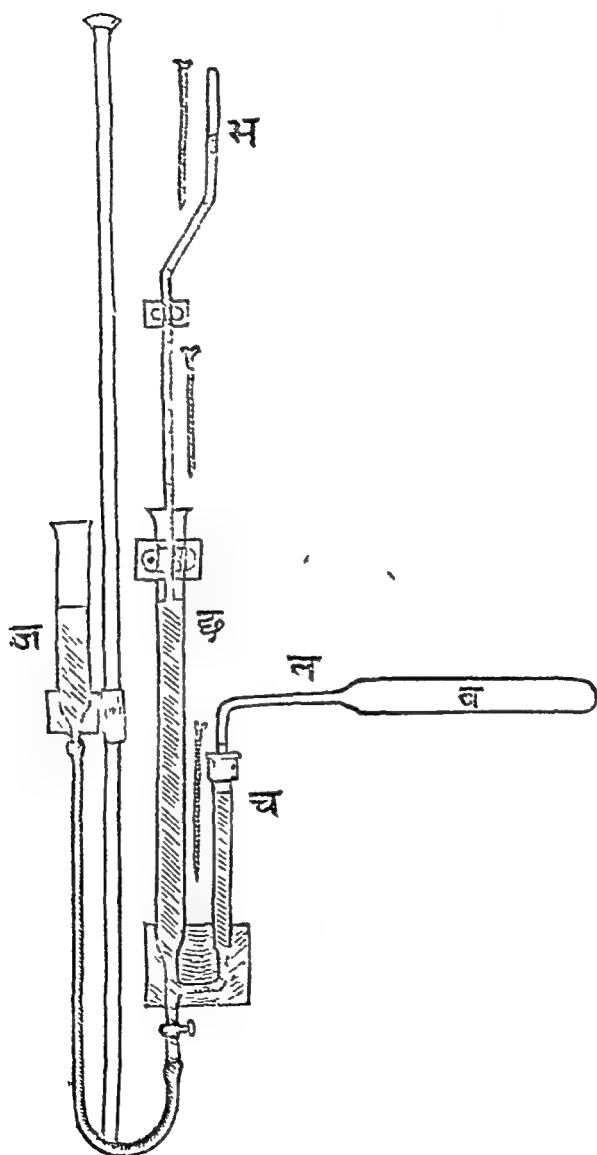
$$८३ + १०^७ \text{ अर्ग}$$

[१३.६ पारे का घनत्व है ९८१ = एक ग्राम का बोझ निरपेक्ष इकाई मे २ को गैस स्थिरांक कहते हैं ।]

समीकरण (३) से यह प्रगट है कि अगर हम दबाव को स्थिर रखें तो तापक्रम के बढ़ाने से आयतन बढ़ता है । ऐसे यन्त्र से हम तापक्रम नाप सकते हैं । इसको स्थिर दबाव गैस तापमापक कहते हैं । अगर आयतन स्थिर रखा जाय और तापक्रम बढ़ाया जाय तो गैस का दबाव बढ़ता है । ऐसे यन्त्र से भी तापक्रम नाप सकते हैं । इसको स्थिर आयतन गैस तापमापक कहते हैं ।

बहुधा स्थिर आयतन गैस तापमापक काम मे लाया जाता है । यह स्थिरदबाव गैस तापमापक से बढ़ कर है क्योंकि स्थिर दबाव तापमापक मे कुछ गैस दबाव-मापक मे रहती है जिसका तापक्रम बल्ब के तापक्रम से भिन्न होता है और जितना बल्ब का तापक्रम अधिक होता है उतना ही गैस का आयतन भी अधिक होगा इस लिये शोधन भी बढ़ जाता है ।

प्रामाणिक स्थिर आयतन उदजन तापमापक



गैसोका प्रसार

चित्र ३० मे एक स्थिर आयतन उदजन तापमापक दिखलाया गया है। ब तापमापक का बल्ब है। यह १ मीटर लम्बा ३ ६ श.म. व्यास का है और पररौप्यम् इन्द्रम् संकर का बना है, न एक बहुत पतली नली एक मीटर लम्बाई की है जिसका दूसरा सिरा एक चौड़ी नली च मे चला जाता है। इस नली मे एक सूचक है। च, छ, ज तीनों आपस मे जुड़े हुये हैं और दबावमापक का काम करते हैं। ज को ऊपर नीचे हटा कर ऐसा ठीक किया जाता है कि च मे पारे की सतह सूचक को ठीक छूती है। म ब में म गैस का दबाव = ज और च मे पारे की सतह का अन्तर + हवा का घोभ। भ एक भारमापक है जिसकी नली टेढ़ी कर दी गई है जिससे भ और च मे पारे की सतह एक ही सीधेई मे आजाय। इससे दूरदर्शक से सिर्फ दो सतहों को बिम्बित करना होता है। म और च तलमापक (Cathetometer) से दोनों सतहों की ऊँचाई का अन्तर आसानी से मालूम हो जाता है।

अगर किसी वस्तु का तापक्रम लेना हो तो बल्ब को उसमे डाल देते है और दबाव तलमापक से पढ़ लेते हैं फिर समीकरण (३) से

$$t_k = \frac{d_0}{d_k} t_{k_0}$$

द_० पहले से ही मालूम कर लिया जाता है।

अभ्यास के लिये प्रश्न

- १—गैसोका आयतन किन किन कारणोंसे घट या बढ़ सकता है।
- २—गैसोका प्रसारगुणक कैसे निकालते हैं ?
- ३—गैसोका दबावगुणक क्या है ? इसे कैसे निकालते हैं ?

४—भिन्न भिन्न गैसोंके लिए प्रसारगुणक और दबावगुणक क्या हैं ?

५—स्थिरावतन तापमापक क्या है ? उससे क्या काम लेते हैं ?

६—यदि 0° श तापक्रम और ७६ शम. दबाव पर एक लीटर वायु का भार १.२९३ ग्राम हों तो 80° श पर ७४ शम. दबाव पर इसका क्या बोझ होगा ?

७—यदि किसी स्थिर आयतन में 15° श पर किसी गैस का दबाव ७६० सम. है तो कितने तापक्रम पर उसका दबाव १५०० सम. हो जावेगा ?

८—निरपेक्ष शून्य किसे कहते हैं ?

९—प्रामाणिक स्थिर आयतन उदजन तापमापकका उपयोग बताओ ।

११-गरमीकी मात्रा और आपेक्षिक ताप



योग १६—दो काचके गिलासोंको तराजू के दो पलड़ों पर रखकर धड़ा बांध लीजिए। एकमें आध सेर ठंडा पानी डालिए और दूसरेमें ठीक उसी तोलका गरम पानी डालिए जिसका तापक्रम, मान लीजिए कि, 80° श है। ठण्डे पानीका तापक्रम देखने पर 20° श मालूम

हुआ। अब, ठण्डे पानीमें सारा गरम पानी उंडेलकर किसी लकड़ी से पानीको खूब हिला दीजिये और भटपट तापक्रम देखिए तो 30° श के लगभग तापक्रम मिलेगा। इससे यह ठहरा कि आध सेर पानीको $30^{\circ} - 20^{\circ} = 10^{\circ}$ श गरम करनेकेलिये आध सेर गरम पानी $80^{\circ} - 30^{\circ} = 50^{\circ}$ श ठण्डा हुआ।

इस परीक्षामे कुछ गरमी तो गिलास ही ले लेता है जिससे 30° ही से कम शायद 25° श तापक्रम मिलता है। अगर ठीक इसी तोलके बरतन और तापक्रमकी लेकर इस परीक्षाको दुहरावे और गरम पानीमे ठंडा पानी उ डेलकर देखे तो तापक्रम 30° श से कुछ अधिक, शायद, 31° श ठहरेगा। अब 25 और 31 का औसत लेते हैं तो 30° श आता है।

मोटी रीतिसे हम यह कह सकते हैं कि जितनी गरमी आध सेर पानी 10° श ठण्डा होनेमे देता है उतनी ही गरमी आध सेर पानीको 10° श गरम भी कर सकती है। इससे हम यह फल निकाल सकते हैं और जांचनेसे ठीक पाते हैं कि ढाई सेर (५ आधसेरा) पानीको 10° श गरम करने मे 5×10 अर्थात् ५० गुनी गरमी लगेगी।

ऐसे ही यदि पानीके बदले कोई दूसरा पदार्थ पारा ले तो पारेकेलिए भी सिद्ध होगा कि जितनी गरमी १ सेर पारेको 1° श गरम करने मे लगती है उसकी दसगुनी गरमी १ सेर पारेको 10° श गरम करनेमे लगेगी, ५ सेर पारेको 10° श गरम करनेमे ५ गुनी और ५ सेरको 10° श गरम करनेमें ५० गुनी गरमी लगेगी।

ग्राम तौरसे सभी कामोमे पानीके ही सहारे नाप बना करती है। जैसे एक घन शतांशमीटर पानीको जो भारीसे भारी अवस्थामें हो अर्थात् 4° श पर हो, तौलमें एक ग्राम मानते हैं। यह तौलकी इकाई बनी। वैज्ञानिक वस्तुतः इसी तौलको काममे भी लाते हैं। गरमीके परिमाणको नापने के लिए भी, जितनी गरमी एक ग्राम जल का तापक्रम 1° शतांश बढ़ाती है उतनी गरमीको ही इकाई मानकर कलारो नाम रक्खा।

यह एक मोटा हिसाब है। असलमें जितनी गरमी 20°श से 21°श तक गरम करनेकेलिए चाहिए उतनी ही 10°श से 11°श तक गरम करने की नहीं चाहिए। वैज्ञानिक व्यवहारमें तीन तरहकी इकाइया काममें आती हैं।

(१) शून्य कलारी—जितनी गरमी पानी 0°श से 1°श तक गरम करनेकी आवश्यकता हो (२) प्रयोगशाला कलारी—जितनी गरमी १ ग्राम पानीकी 1°श से 1°श तक गरम करनेमें लगे, (३) मध्यम कलारी १ ग्राम पानीको 0°श से 100° तक गरम करने के लिए जितनी गरमी चाहिए उसका सौवां हिस्सा। इस पुस्तकमें तीसरी कलारी पर विचार हुआ है।

इस तरह १ कलारी गरमी परिमाणमें उतनी गरमी है जिससे १ ग्राम जलका तापक्रम 1°श बढ़ाया जा सके।

यह इकाई बन गई, परन्तु नापें कैसे? बाट बन जाने से काम पूरा नहीं होता। तौलनेको तराजू भी तो चाहिये। सो इस इकाईसे गरमीका परिमाण नापनेको यत्र बनाये गये हैं जिन्हें कलारी मापक कहते हैं।

प्रयोग १७—मान लीजिये कि हमने 16°श तक ठण्डे किये हुए आधसेर पानीमें 100°श तक गरम सीसेके आधसेर के टुकड़ेको डाल कर खूब हिलाया। जलका तापक्रम देखने से 16.1°श ठहरा। अर्थात् आधसेर जलके $16.1 - 16 = 0.1^{\circ}\text{श}$ ताप पहुचानेमें आधसेर सीसेको $100 - 16.1 = 83.9^{\circ}\text{श}$ तापक्रम घटना वा खोना पड़ा।

इससे हम तुरन्त कह सकते हैं कि पानीकी अपेक्षा सीसेमें गरमी कम ही मात्रामे रहकर ऊंचा तापक्रम रख सकती है और दूसरी धातुओंकी भी ऐसी ही परीक्षा करनेसे पता चलता है कि एक ही तोल और तापक्रम के भिन्न भिन्न पदार्थोंमें गरमीकी मात्रा भिन्न भिन्न होगी।

पानीकी अपेक्षा सीसेमे गरमीकी मात्रा कितनी रह सकती है, इसका हिसाब ऊपरवाले उदाहरणसे जिसमे तौल बराबर आधसेर ही ली गयी है, यो हो सकता है—

पानीको २॥^०श गरम करनेमे सीसा २१॥^०श घटता है

अतः " १^०श " " " " $\frac{२१॥}{२॥}$ श,

या " १^०श " " " " " $३२\frac{३०}{५}$ श "

अथवा, जितनी गरमी देकर आधसेर पानी १^०श गरम किया जा सकता है उतनी गरमीसे आधसेर सीसा $३२\frac{३०}{५}$ श गरम किया जा सकता है। यदि हम केवल १^०श ताप बढ़ाना चाहे तो उस गरमीका $\frac{१}{३२\frac{३०}{५}}$ वां भाग, वा ०३ हो मात्राकी गरमी देनी होगी।

इस तरह सीसेमें पानी की अपेक्षा गरमी की समाई ००३ ठहरी।

इसी तरह और पदार्थोंकी गरमीकी समाई निकाली जा सकती है।

पानीकी अपेक्षा गरमीकी समाईको आपेक्षिक ताप कहते हैं। यदि हम किसी पदार्थकी गरमीकी समाईवाले अंकको जलकी समाईवाले अंकसे भाग दें तो उस पदार्थका आपेक्षिक ताप निकल आवेगा।

परीक्षासे मालूम हुआ है कि जितनी गरमी आधसेर पानी को १^०श गरम करेगी, उतनी गरमीसे ५ सेर जस्ता, ५॥ सेर तांबा, ८ सेर चांदी, और २॥ सेर कांच १^० श गरम कर सकते हैं। इस तरह हरेकमें पानीकी अपेक्षा गरमी की समाई

य. आपेक्षिक ताप क्रमशः $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{11}$, $\frac{1}{12}$ और $\frac{1}{5}$ हुई।

किसी पदार्थके आपेक्षिक तापकी परिभाषा दूसरे शब्दोंमें इस प्रकार भी कर सकते हैं—

उसी पदार्थकी नियत मात्राको एक नियत तापक्रमसे दूसरे नियत तापक्रम तक गरम करनेके लिए जो गरमी लगे।

आपेक्षिक ताप =

पानीकी इसीके बराबर मात्राको इतनेही दर्जे गरम करनेके लिए जितनी गरमी लगे।

अथवा, किसी पदार्थके ग ग्राम त^०श तापक्रमपर लेकर ता^०श तापक्रमतक गरम करनेके लिए जितनी गरमी चाहिये वह बराबर है उस गुणनफलके जो प्राप्त होता है यदि इस पदार्थके आपेक्षिक तापको उस गरमीसे गुणा करे जो ग ग्राम पानीको त^०श से ता^०श तक गरम करनेमें लगे।

अब

१ ग्राम पानी १^०श गरम करनेकेलिए चाहिये १ कलारी
 ग ग्राम पानी १^०श गरम करनेकेलिए चाहिये ग कलारी
 ग ग्राम पानी (ता-त)^०श गरम करनेकेलिए चाहिए
 ग (ता-त) कलारी।

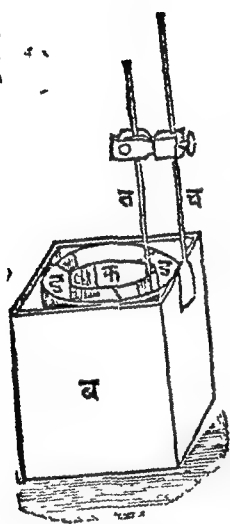
इसलिए किसी पदार्थके ग ग्रामको (ता-त)^०श गरम करनेकेलिए गरमी बराबर होगी, ग (ता-त) × आपेक्षिक ताप।

इसको यो लिखते हैं—

गरमी = ग (ता-त) स, जहाँ स से पदार्थका आपेक्षिकताप सूचित किया जाता है।

किसी पदार्थकी वस्तुको एक तापक्रमसे दूसरे तापक्रम तक गरम करनेमें कितनी गरमी लगी है यह जानना हो तो उस पदार्थका आपेक्षिक ताप निकालकर उपर्युक्त समीकरण की सहायतासे मालूम कर सकते हैं। आपेक्षिक ताप कलारी-मापक यन्त्रकी सहायतासे निकाल सकते हैं।

कलारी-मापक बहुत सरल यन्त्र है। एक तांबेका बेलनाकार गिलास ५ इंच लम्बा २ इंच व्यास-वाला होता है जिसके मुंहपर एक लकड़ीका ढकना लगा होता है। इस ढकनेमें दो छेद रहते हैं, एकमेसे तापमापक और दूसरेमेंसे तांबेकी मथनी पहना देते हैं। कलारीमापक-एक लकड़ीके बक्समें टांग रखते हैं जिससे प्रयोग करते समय कलारीमापकको हवा न लग सके। कभी कभी बक्सके भीतर कलारीमापकको रुई या फेल्ड से लपेट देते हैं जिससे मापकमेसे गरमी न भाग सके और न बाहरकी गरमी मापकतक पहुँच सके।



चित्र ३१

चित्र ३१ में व लकड़ी का बक्स, क कलारी मापक; ड कलारीमापकसे बड़ा बेलनाकार गिलास जिसमें कलारीमापक डोरोके सहारे लटका दिया जाता है; त तापमापक है।

प्रयोग १८—कलारीमापकको पहले खाली तोला और फिर थोड़ा पानी भरके तोल लिया। दोनों तोलोके भेदसे पानी की तोल ग ग्राम मालूम हुई। तापमापकसे पानी का तापक्रम

त^०श देख लिया। ताँबेके एक ख ग्राम तोलवाले टुकड़ेको भापमे ८^०श तक गरम करके कलारीमापकमे छोड़ दिया। ठोस वस्तुओंके गरम करनेवाला यन्त्र चित्र ३२ मे दिया जाता है। त एक दोहरी दीवालवाला चोगा है जिसकी ऊँची पोल है और बाहरी दीवालमे दो नलियाँ लगा दी जाती हैं। ऊपर वाली नली न मेसे भाप पोलमे भेजी जाती है और यह भाप नीचेकी नलीसे बाहर निकलती है। चोंगेकी खोखली स मे ठोस वस्तुका टुकड़ा डोरेसे लटका दिया जाता है और एक तापमापक त भी इसीके पास रहता है। टुकड़ा पानी को गरम कर देगा।

ताँबेके टुकड़ेको कलारी-मापकमे डालनेसे टुकड़े, पानी और कलारीमापकका तापक्रम समान हो जायगा। मथनीसे हिलाकर भट तापमापक से तापक्रम ८^०श देख लिया।

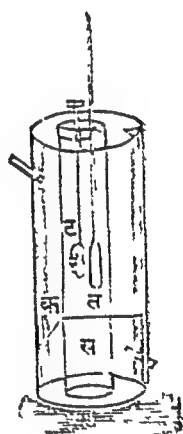
टुकड़ेसे जो गरमी निकली उसने पानी को गरम किया। टुकड़ेसे जो गरमी निकली वह है, स (ट-ठ) ख कलारी। पानीने गरम होनेमे जो गरमी ली वह है ग (ठ-त)।

$$\text{इसलिए } स = \frac{ग (ठ - त)}{(ट - ठ) ख}$$

कलारीमापकने भी कुछ गरमी ली पर वह यहां पर हिसाबमे नहीं ली गयी है।

कलारीमापकने भी जो कुछ गरमी ले ली है, उसको ध्यानमे रखते हुए इस प्रकार गणनाकी जासकती है।

यदि कलारीमापक और टारक की तौल क है और इनका



चित्र ३२

आपेक्षिक ताप s_2 है तो इनकी ताप समाई = क s_2 और इनको कलारीमापकका जल-तुल्यांक भी कहते हैं जो पानीकी वह तौल है कि उतनी गरमी जिसका तापक्रम 1° बढ़ा देती है जितनी कि कलारीमापक का 1° बढ़ाती है। ऊपरवाला समीकरण इस प्रकार बदल जाता है:—

$$\text{खस (ट - ठ)} = \text{ग (ठ - त)} + \text{कस}_2 (\text{ठ} - \text{त})$$

पदार्थों के आपेक्षिक ताप❁

जल	१०००	चांदी	०६३
जस्ता	०९५	कांच	१८२
तांबा	०९१	लोहा	११४

इन सब पदार्थोंमें जलका आपेक्षिक ताप सबसे अधिक है या यो कहिये कि इन सब पदार्थोंकी अपेक्षा गरमी को समाई पानीमें ही सबसे ज्यादा दीखती है। यही बात है कि पृथ्वी की गरमीकी बहुत कुछ रक्षा पानीके द्वारा होती जाती है और टापुओंमें प्रायः ऋतुओंमें बहुत ऊँचा नीचा परिवर्तन नहीं होता।

ऊपर जो विधि बताई गई है उसे मिश्रण विधि कहते हैं। इसमें बहुतसी त्रुटियोंकी सम्भावना है। ताँबेका टुकड़ा गरम करने वाले में से निकालने के बाद कलारीमापकमें डालनेके पहले ही कुछ ठंडा होने लगता है। जब कलारीमापकका तापक्रम अपने घेरे के तापक्रमसे अधिक हो जाता है तो इसकी कुछ गरमी

❁ऊपर दिये हुए प्रयोग से निकाले जाने के कारण यह मोटा हिसाब है। बहुतेरी गरमी बरतनों के गरम करने में भी लग जाती है, उसका हिसाब भी यहा छोड़ दिया गया है। बिलकुल ठीक ठीक नापने के उपाय बड़े ग्रन्थों में दिये जायेंगे।

चलन और विकिरण द्वारा बाहर चली जाती है। चलन से निकलने वाली गरमी कम करने के लिये गरम करने वाले के नीचे कलारी मापक को लाते हैं और गरम करने वाले के नीचे की डाट निकालकर ठोस तांबे को गिरा देते हैं। विकिरण से जो गरमी निकलती है उसको मालूम कर लेते हैं। इसको मालूम करने की विधि बाद में बताया जायगी।

द्रव का आपेक्षिक ताप

अगर उस द्रव की पानी से कोई रासायनिक प्रक्रिया न हो तो उसे साधारण तरह से गर्म पानी से मिलाकर उसका आपेक्षिक ताप निकाला जा सकता है। ऊपर दिये हुए तरीके से भी हम निकाल सकते हैं अगर हम उस ठोस चीज का आपेक्षिक ताप मालूम हो या उस द्रव को ऐसे द्रव से मिलावें जिनकी कोई रासायनिक प्रक्रिया न हो और उसका आपेक्षिक ताप मालूम हो या पानी हो इस्तेमाल करें और अगर पानी से कोई रासायनिक प्रक्रिया हो तो उस द्रव को एक बर्तन में रखकर पानी में रखें।

गैस का आपेक्षिक ताप

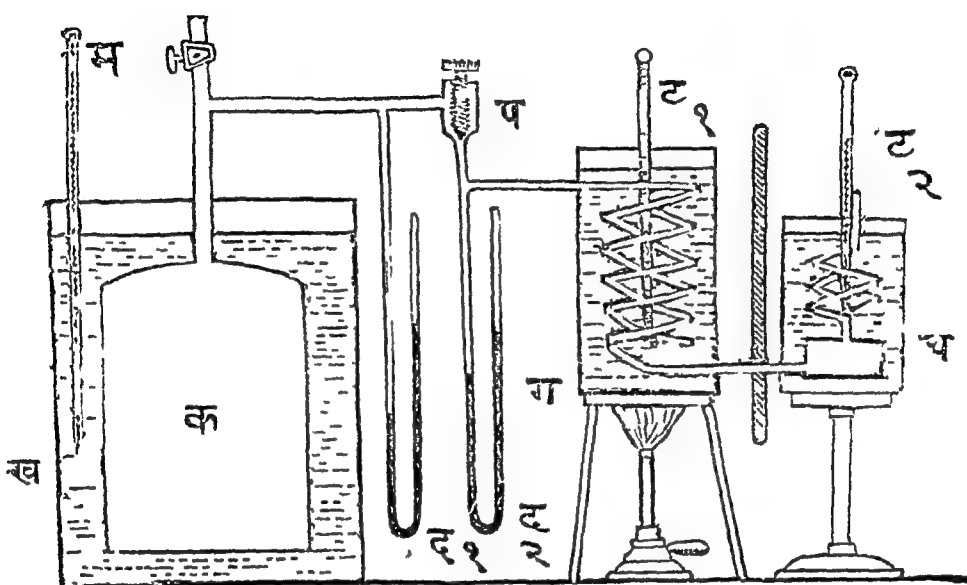
गैस में दो प्रकार का आपेक्षिक ताप होता है। एक तो आपेक्षिक ताप जब गैस का आयतन स्थिर रहे, $s_{\text{अ}}$ और दूसरा जब गैस का दबाव स्थिर रहे, $s_{\text{द}}$ । ठोस और द्रव के लिये इन दोनों में

बहुत कम अन्तर है लेकिन गैस के लिये $m (s_{\text{द}} - s_{\text{अ}}) =$

१.९८६ कलारी जैसा कि बाद में बतलाया जावेगा। m गैस का

अणुभार है।

सूँ के निकालने की रीति



चित्र ३३

चित्र ३३ में रेनो का यंत्र दिखलाया गया है, क गैस की टंकी है जिसमें गैस ५० या १०० वातावरणके दबाव में भरा है। ख में पानी है जिनका तापक्रम बिल्कुल स्थिर रखते हैं। इसको तापस्थक (thermostat) कहते हैं। क इसमें डबो कर रखा जाता है द_१ से इस गैस का दबाव नापा जाता है। पहिले बहुतसे प्रयोग करते हैं जिससे यह जान लेते हैं कि किसी स्थिर तापक्रम पर उस गैस की मात्रा और उसके दबाव में क्या सम्बन्ध है। फिर बाद में दबाव देख लेने से क के अन्दर की गैस की मात्रा निकल आवेगी।

प एक पेंच है, जिससे गैस का बहना कम और ज्यादा कर सकते हैं। इससे ऐसा ठीक करत रहते हैं कि गैस का दबाव जैसा

द_२ में मालूम होता है, स्थिर रहे। जब गैस का दबाव कम होने लगता है तो पेच को ज्यादा खोल देते हैं। फिर गैस सर्पिल के द्वारा ग, ध में से होकर हवा में जा मिलता है। ग में तेल गरम किया जाता है और इसका तापक्रम विलकुल स्थिर रखते हैं। ध कलारी मापक है जिसका तापक्रम एक तापमापक द्वारा पढ़ा जा सकता है। मान लो कि ग का तापक्रम त_१ है और ध का तापक्रम प्रयोग के शुरू में त_२ है। गैस बहने के बाद ध का तापक्रम बढ़ कर त_३ हो जायेगा। शुरू में तो गैस त_१° से त_२° तक ठण्डी हुई और आखिर में त_१° से त_३° तक। बस हम यह मान सकते हैं कि गैस त_१° से औसत तापक्रम $\frac{1}{2}(t_2 + t_3)$ तक ठण्डी हुई। गैस का आपेक्षिक ताप स_६ नीचे लिखे हुये समीकरण से निकाला जा सकता है:—

$$व \text{ सद } \left(t_1 - \frac{t_2 + t_3}{2} \right) = \tau (t_3 - t_2) \text{ जब कि}$$

व उस गैस की मात्रा जो ध द्वारा प्रयोग करते समय निकल गई द ध का कलारीमापक का जल तुल्यांक है। यह प्रयोग बहुत समय तक जारी रहता है, इस वजह से गरमी की हानि चलन और विकिरण से अधिक होती है और प्रयोग में २ या ३ % की गलती हो जाती है।

ड्रूलॉग और पेटीट का नियम—ड्रूलॉग और पेटीटने यह देखा कि अगर किसी ठोस तत्वके लिये आपेक्षिक ताप \times परमाणु-भार निकाला जाय तो यह गुणनफल ६.४ आता है। बस उन्होंने यह नियम सिद्ध कर लिया कि हर एक तत्वके परमाणुओं की ताप समाई बराबर है। इसको ड्रूलॉग और पेटीट का नियम कहते हैं।

इस बात को सिद्ध करने के लिये सारिणी दी जाती है,

तत्व	आपेक्षिक ताप	परमाणु भार	परमाणु ताप
चांदी	०°०५७०	१०७°९	६°१६
तांबा	०°०९४९	६३°६	६°०४
लोहा	०°११३८	५५°९	६°३६
सीसा	०°०३१४	२०७	६°५०
पररौप्यम्	०°०३२५	१९५°२	६°३६
दस्तम्	०°०९५६	६५°४	६°२५
वंगम्	०°०५४८	११९	६°५३

नीचे दी हुई सारिणी में कुछ गैसों का आणविक ताप (अणुभार + आपेक्षिक ताप $^{\circ}\text{C}$) $^{\circ}\text{F}$ श और $^{\circ}\text{C}$ स म. दबाव पर दिया जाता है।

	अणु ताप
उदजन	६°८६
ओषजन	७°०४
हवा	६°१४
नोपजन	६°९३

अभ्यास के लिये प्रश्न

- १—गरमीकी इकाईसे अभिप्राय क्या है? कलारी किसे कहते हैं?
- २— 12°F वाले ५॥ सेर पानीके साथ 60°F वाले २॥ सेर पानीके मिलानेपर तापक्रम क्या होगा? [$30\ 4^{\circ}\text{F}$]
- ३— 12°F वाले ५ सेर पानीको हमने 20°F वाले दो सेर पानीमें मिला दिया। तापक्रम क्या होगा? [$30\ 33\frac{4}{9}\text{F}$]

४—गरमी की समाई किसे कहते हैं ?

५—आपेक्षिक ताप क्या है ? उदाहरण दीजिये । कहते हैं कि पानी का आपेक्षिक ताप पारेसे तीस गुना है, इसका मतलब समझाइए ।

६—५० तोला तावा जो 50° श तापक्रम पर है, 15° श तापक्रमके ५७ तोले पानीमें डाला गया । मिलानेपर तापक्रम 20° श ठहरा । तांबे का आपेक्षिक ताप बतलाइये । आधमेरवाली इकाईसे ५० तोले तावेमें गरमीकी समाई कितनी हुई ? [३० ०६५]

७—८ छटाक जस्ता, जो 15° श पर है, 15° श वाले २० छटाक पानीमें डालकर खूब हिलाया तो तापक्रम 12° श ठहरा । जस्तेका आपेक्षिक ताप क्या है ? [३० ०६७]

८—ताप या गरमी और तापक्रममें क्या भेद है ?

९—द्रव और गैसों का आपेक्षिक ताप किस प्रकार निकाला जा सकता है ? गैसोमे दो तरहका आपेक्षिक ताप होता है, इससे क्या तात्पर्य है ।

१०—अणुताप किसे कहते हैं ? डूलोग और पेटीटका क्या नियम है ?

१२—गुप्तताप



यः सभी ठोस चीजें गरमीसे पिघलकर द्रव और द्रव चीजें उड़कर वायुवत् या गैस हो जाती है । कुछ वस्तुएं ऐसी भी हैं जो गरमीसे ठोस दशाको छोड़ तुरन्त वायुवत् होजाती हैं जैसे कपूर, नफथलोन आदि । परन्तु आज हम केवल पानीकी अवस्थाके परिवर्तन पर विचार करेंगे क्योंकि कई बातें जिनका वर्णन करना हम आवश्यक समझते हैं इसी परिवर्तन पर निर्भर है ।

बराबर गरम करते जायें तो पानी उबलने लगता है और भाप बन जाती है। बहुधा लोग यह समझते हैं कि भाप वही चीज है जो पत्तीलीके ऊपरसे सफेद सफेद धुएँसी दिखाई पड़ती है, परन्तु यह भूल है। भाप तो हवा की नाई अदृश्य पदार्थ है। धुएँके समान निकलती हुई वस्तु भापकी दशामे नहीं है वरन् पानीके नन्हे नन्हे सोकर है जो ठंडक पाकर भापके जमनेसे बनते हैं।

प्रयोग १६—इसका जांच यो कर सकते हैं। एक गोल तलीवाली काँच की अगिया कुप्पीमें एक ऐसा काग लगाओ जिसमे एक छेद हो और एक झुकी नली लगी हो। इस कुप्पीमे आधी दूर जल भरकर खौलाओ तो एक तमाशा देखनेमे आयेगा। यद्यपि नलीके मुहंपर सुन्दरधुआँ ऐसा दीखता है परन्तु नलीके भीतर तथा कुप्पीमें पानीके ऊपर वह धुआँ नहीं दीखता (चित्र ७)। यदि भाप दीखती तो निश्चय ही यह कुप्पीके भीतर भी दीखती क्योंकि यह वहीसे बाहर आती है।

प्रयोग २०—अब इसी कागमे एक और छेद करके उस में एक तापमापक लगादे तो एक अजब बात यह मालूम होगी कि यंत्रका पारा अधिकसे अधिक १००°श चिह्न तक पहुँचकर रुक जायगा और आगे तब तक कभी न बढ़ेगा जब तक सारा जल उबलकर भाप न बन जाय।

इसका कारण क्या है? पारा आगे नहीं चढ़ता? पानीको जो बराबर इतनी गरमी पहुँचायी जा रही है वह क्या होती जाती है? क्या इतनी सारी गरमी नष्ट होती जा रही है? यह समझना ठीक न होगा, क्योंकि पानीका उबलता रहना या भापका बनता रहना

ऑच पर ही निर्भर है। यहाँ पानीका आयतन जितना बढ़ना था बढ़ चुका। तापक्रम जितना बढ़ना था बढ़ चुका। यह दोनो अब रुके हुए हैं, फिर गरमी काम क्या कर रही है? अवस्था में परिवर्तन। पानी जो द्रव था अब गैस वायव्य पदार्थ बनता जाता है। गरमी इसी काम में लग रही है और आप ऐसी अवस्था को पहुंचती जा रही है जिसमें वह तापमापकसे नहीं मालूम होती। मानो हमारी तापमापक रूपी आँखोंसे अदृश्य होती जा रही है।

१००°श पर खोलते पानीको १००°श पर ही भाप बनानेको बहुतसी गरमी या ऑच लगा देनी पड़ती है। अर्थात् यह सब ऑच या गरमी भाप बनाने में गुप्त हो जाती है। इसी तरह बरफ ०°श पर होती है। एक बर्तनमें लेकर उसे ऑच देकर गलाने लगे तो गलकर जो पानी बनेगा वह भी तब तक ०°शसे आगे न बढ़ेगा जब तक सारी बरफ न गल जाय। इस तरह ठोस दशासे द्रव दशामें लानेमें गरमी जो गुप्त हो जाती है उसे पिघलानेमें गुप्त हो जाने वाली गरमी कहेंगे। ऊपर कही हुई बात थोड़ेसे शब्दों में यों लिखी जा सकती है—

दृढ़ वा ठोस + गुप्त गरमी = द्रव पदार्थ

द्रव + गुप्त गरमी = वायव्य पदार्थ

गरमी अगर सचमुच ऐसी दो अवस्थाओंमें रह सकती है जिनमें एक तो तापमापकसे जानी जा सकती है, छूनेसे मालूम हो सकती है, और दूसरी इस तरह नहीं जानी जा सकती तो हमें अपने देशके महाकवि महात्मा तुलसीदासजीके शब्दों में।

एक दारुगत देखिए एकू। पावक युग सम ब्रह्म विवेकू ॥
दो तरहकी गरमी माननी पड़ेगी, एक तो प्रकट और दूसरी

गुप्त। प्रकट गरमीका दरजा ही तापमापकसे माल्स होता है। इससे अधिक काम तापमापकसे नहीं ले सकते।

जिस यंत्रसे हम किसी बहते पानीकी ऊँचाई वा धरातल नापते हैं उसी यंत्रसे यह नहीं बता सकते कि तालाबमे कितने घड़े पानी हैं? इसके लिए हमें और उपाय करने होंगे, नपना बनाना होगा। बिना किसी नापके प्रकट वा गुप्त कोई गरमी नापी नहीं जा सकती। हमको कलारी और कलारीमापकसे काम लेना होगा, जिनका वर्णन अध्याय ११ मे हो चुका है।

एक ग्राम पानीको भाप बनानेकेलिए ५३६ कलारी गरमी चाहिये। इसी तरह एक ग्राम वरफको ५° श पर पानी बनानेमे ८० कलारी गरमी पहुंचानी पड़ती है। हम अभी कह आये हैं कि यह गरमी गुप्त होती है परन्तु ज्योंही भापसे पानी बनाया जायगा फिर वही गरमी प्रकट हो जायगी। भापको ठण्डे पानीमे डालिए तो जमकर पानी बन जायगा। साथही ठण्डे पानीको भी बहुत गरम बना देगा। भाप बनानेके लिए पानी को ग्राम पीछे ५३६ कलारी आंच मिली थी। जब वह भाप जमकर पानी बनती है अपनी ली हुई ५३६ कलारी आंच लौटा देती है।

प्रयोग २१—एक तुले हुए गिलासमे पाव सेरके लगभग गरम पानी लोजिये। मान लाजिए कि यह १००° श पर है। इसे तौलिये। इसकी तौलसे गिलासकी तौल घटायी तो पानीकी ठीक तौल माल्स हुई। अब इसमें कुछ वरफके टुकड़े डालकर हिलाते रहिये। जब सब गल जाय तो तापक्रम देख लीजिये। फिर तौलनेसे जो तौल बढ़ी वही वरफकी तौल हुई! मान

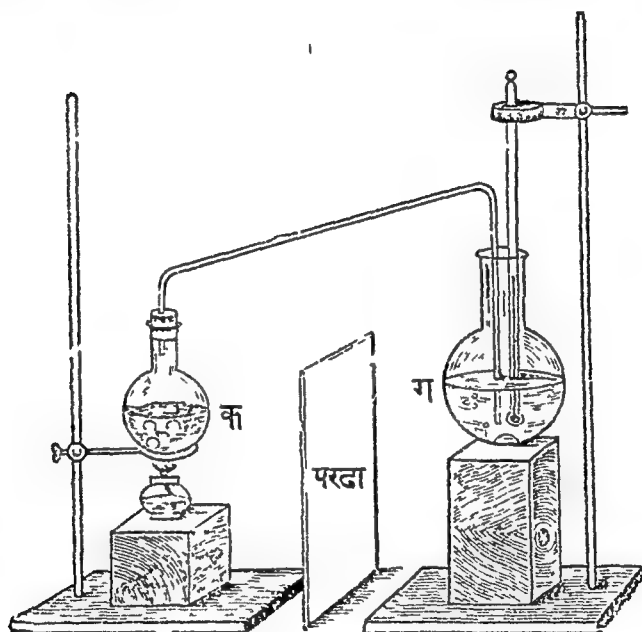
लीजिये कि छटांक बरफने गलकर तापक्रम 68° कर दिया। अर्थात् $100 - 68 = 32^{\circ}$ श पानीको ठण्डा किया जिसमे (पहलेकी तरह आधसेरकी इकाई मानकर $\frac{1}{2} \times 32 = 16$ इकाई) गरमी लगी।

इस 16 इकाई गरमीने दो काम किये—1 छटांक बरफको 0° श से गलाकर 0° श का पानी बनाया और 0° श से 68° श तक उस छटांक पानीको गरम किया। इस दूसरे काममे [छटांक = आधसेरका अष्टांश] $\frac{1}{8} \times 68 = 8$ इकाई गरमीने छटांक बरफको 0° श से गलाकर 0° श का पानी बनाया। जब छटांककेलिए 16 इकाई गरमी काममे आयी तो 8 छटांक = आधसेरकेलिए 16 इकाई काममे आयेगी। हमने आधसेर पानीको इकाई माना है। अगर आधसेरकी जगह 1 ग्राम लें तो 16 कलारी हुई। बरफसे पानी या पानीसे बरफ बननेमे इस तरह 16 इकाई गर्मी गुप्त या प्रकट होती है। इसे बरफका गुप्त ताप कहते हैं।

जब ठोस या दृढ़ पदार्थ द्रवमे घुलता है तो द्रव दशामे हो जाता है। द्रव दशामें होनेकेलिए बहुत सी गरमी गुप्त कर लेता है। शोरा या नौसादर पानीमे घुलाइये तो पानी, घोल, अत्यंत ठण्डा हो जाता है। बरफके साथ नमक, शोरा या नौसादर मिलनेसे 0° श से कई अंश नीचेकी ठण्डक हो जाती है। ऐसे ही मिश्रणमे कुलफियां डालकर दूध या मलाई जमाते हैं।

प्रयोग २२—भापका गुप्त ताप निकालनेको विशेष यन्त्र बनानेकी आवश्यकता होती है। इसे स्थूल रीतिसे यो बनाते हैं।

चित्र ३४ के अनुसार कांचकी एक पावसेरी कुप्पी क में काग और कांचकी ऐसी भुकी नली लगा दो जैसी ❀ चित्रमे दिखाई गयी है, इस नलीका दूसरा सिरा अधसेरी कुप्पी ग मे डूवता है। ग के स्थानपर प्रायः कलारोमापक यंत्र रखते हैं जिससे गरमीकी मात्रा बिलकुल ठीक नापी जा सके। ग कुप्पीमे तीन चौथाई भाग पानी है। ग कुप्पीको पहले खाली



चित्र ३४

फिर तीन चौथाई पानी भरकर तोलनेसे और दूसरीसे पहली तोलको घटा देनेसे उसके पानीकी तोल मालूम होगई। दोनो

❀ यदि इतनी लम्बी और चित्रजैसी भुकी हुई नली न मिल सके तो दो नलियोंको भुकाकर रबड़ की नलीसे जोड़कर चित्र जैसी नली बनाई जा सकती है।

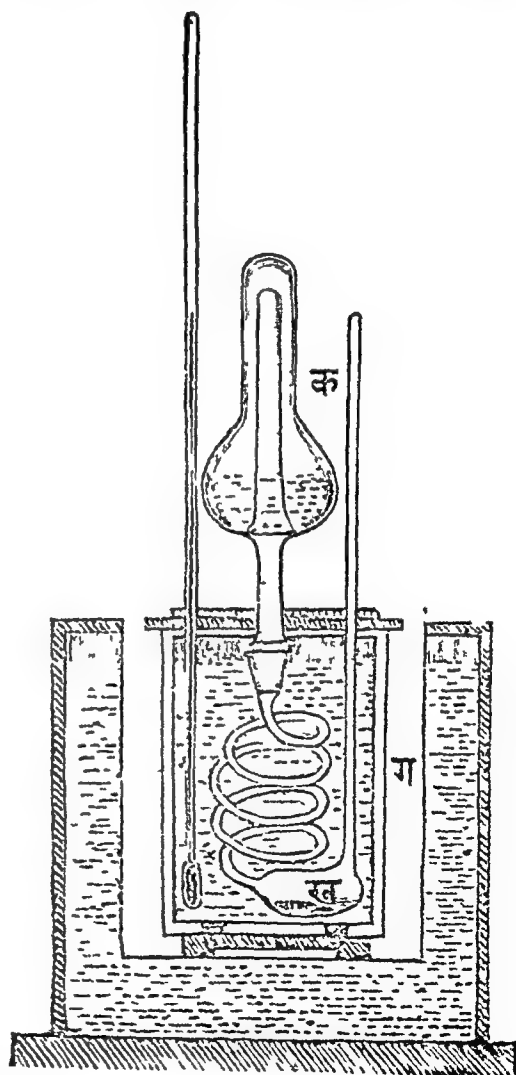
कुप्पियोंके बीच एक काठका परदा लगा दिया कि ग को आंच न लगे। अब क के पानीको खौलाया। जब नलीके सिरेसे भाप निकलने लगे, उस समय ग कुप्पीके जलका तापक्रम देखकर इस सिरे को ग में डुबो दिया। भाप ज्यों ज्यों पानीमें घुलती है, पानी गरम होता जाता है। चार पांच मिनट-पर नलीको निकाल लिया। तुरन्त हिलाकर तापक्रम देख लिया और पानी समेत कुप्पी ग फिर तोली, जिससे उस भापकी तोल भी मात्तूम हुई जो ग में पानी बन गयी है।

इसी तरहकी एक परीक्षामें ग में ४०० ग्राम पानी पहले 25° पर था और परीक्षाके अन्तमें 40° श तापक्रमपर १० ग्राम अधिक तौलमें पाया गया। इसलिए 400 ग्राम पानी को $40^{\circ} - 25^{\circ} = 15^{\circ}$ श गरम करनेमें $400 \times 15 = 6000$ कलारी गरमी लगी। और यह गरमी 100° श वाली १० ग्राम भापसे मिली, जिसने दो काम किये, एक तो 100° श की भापसे 100° श का पानी बनाया और दूसरे $100 - 40 = 60^{\circ}$ श ठण्डा होकर $60 \times 10 = 600$ कलारी गरमी ग कुप्पीके पानीको दी। जो ६०० क गरमी उसने इस तरह दी उसे कुल ६००० क से घटाया तो ५४०० क गरमी अवश्य १० ग्राम भापसे पानी होनेमें मिली। इसलिए 100° श की भाप 100° श के पानी बनानेमें प्रति ग्राम $\frac{5400}{10}$ अर्थात् ५४० क गरमी मिली। बिल्कुल ठीक रीतिसे ५३६ क होती है। इस लिये भाप का गुप्त ताप ५३६ क प्रति ग्राम है। (क = कलारी)

ऊपर दिये हुए यंत्र से गुप्तताप निकालने में कुछ गलतों की सम्भावना है। भाप का कुछ भाग नली ही में पानी बन जाता है और वह भी दूसरे वर्तनमें चला जाता है। लेकिन 100° का पानी

१००° की भापसे कम गर्मी देगा। इसलिये परिणाममे गलती होगी। इसको दूर करनेके लिये बर्थेलोका यंत्र जो नीचे चित्रमें दिखाया गया है इस्तेमाल किया जाता है।

क एक ऐसा बर्तन है जिसका ऊपरका भाग बन्द है और उसकी पेदीमेसे एक नली निकलकर ख से जुड़ी होती है। क को नीचेसे गरम करते हैं। भाप नली द्वारा ख में आती है और यहाँ द्रव हो जाती है। ख एक मामूली कलारी मापकमे डुबाकर रखा जाता है। भाप कलारी मापकमे पहुँचनेसे पहले द्रव नहीं होने पाती क्योंकि इसको गरम पानीके बीचमेंसे होकर जाना पड़ता है और जो भाप द्रव होकर पानी हो जाती है वह फिर पानीकी गरमीसे भाप बन जाती है। ख को प्रयोगके आरम्भ और अन्तमे तौल लेते हैं। इससे भापकी मात्रा मालूम हो जायगा। कलारीमापक के तापक्रममे जो अधिकता



चित्र ३५

हो जातो है वह भी देख लिया जाता है। वस अगर कलारी-मापक और नलीका जल तुल्यांक मालूम हो तो जिस प्रकार ऊपर बताया गया है उसी प्रकार हिसाब करके भापका गुप्त ताप निकाल सकते है।

इन परोक्षाओसे यह न समझ लेना चाहिये कि 100° श के नीचे भाप नहीं हो सकती। द्रव सदैव कुछ न कुछ भाप फेंकताही रहता है। इसीसे हवामे भापभी मिलीही रहती है। हवामे जितनी ज्यादा गरमी होगी उतनी अधिक भाप रहेगी। हवा ठण्डी होने पर, यही भाप जमकर ओसकी बूंद बनकर गिरती है। ऐसी दशामे हवा नमीसे भरो हुई होतो है, अधिक भापको रख नहीं सकती। मेघ, बरसात आदि का वर्णन आगे दिया जायगा।

पानी या और द्रव पदार्थोंकी भाप सदा बनती रहती है। किसी बरतनमे पानी रख दिया जाय तो धीरे धीरे उड़ जाता है, जिसे सूख जाना कहते हैं। बात यह है कि भाप धीरे धीरे बनती है और केवल ऊपरके तलपर ही बनती है, परन्तु उबलते हुए पानीमे भाप जल्दी जल्दी बनती जाती है और नीचेसे बनकर जो ऊपरको बेगसे आती है उसे ही कहते है कि पानी खौलता है। भाप चाहे उबलनेसे बने चाहे सूखनेसे बने, चाहे जिस तरह बने पर हर एक ग्राम पानीके भाप बननेमे ५३६ कलारी गरमी प्रकटसे गुप्त हो जाती है। पानी उबलकर भाप बनता है तो इतनी गरमी अग्निसे लेता है, और जब सूखकर भाप बनता है तो हवा बरतन आदि अपने पासकी वस्तुओसे ले लेता है। यही बात है कि स्पिरिट, शराबका तत्व अलकुहल, ईथर आदि उड़कर झटपट भाप बन जानेवाले किसी पदार्थको हाथपर लें तो बहुत ठण्डा लगता है।

अब यह भी सहज ही समझमें आएगा कि गरमीमें सुराही का पानी ठण्डा क्यों रहता है। मिट्टीकी सुराही छेदीला या मसामदार बरतन है। इसमें इतने वारीक वारीक छेद चारों ओर होते हैं कि दिखाई तो नहीं देते पर पानी रस रसकर उनमेंसे निकलता रहता है। इस तरह पानीको भाप बनकर उड़नेको बहुत विस्तृत ऊपरी तल मिल जाता है। और ऊपरी तलका जितना ही विस्तार होगा उतना ही अधिक द्रव भाप बनकर उड़ेगा। एक पतले मुंहकी शीशी और थालीमें साथ ही समान आयतनका पानी रखें तो थालीका पानी जल्द सूख जाता है। सो, सुराहीका पानी बराबर अधिक अधिक सूखता रहता है और इस तरह बहुत सी गरमीको अपने चारों ओरसे खींचता रहता है। सबसे ज्यादा पास होनेसे सबसे अधिक गरमी यह सुराहीके जलसे ही लेकर भाप बनता है। इसी तरह थोड़ा पानी उड़ाकर सुराहीका बाकी पानी ठण्डा हो जाता है। पसीना होनेपर जब हमें हवा लगती है तो इसीलिए ठण्डा लगता है कि पसीनेका पानी भाप बनने लगता है और इसके लिए हमारे शरीरसे गरमी लेने लगता है।

कभी पानी ठण्डा करना हो और सुराही न हो तो एक अंगोछा भिगोकर लोटेके बाहर लपेट दीजिये। अंगोछेका पानी भाप बननेको अधिकांश गरमी लोटेसे लेगा और ज्यों ज्यों ठंडा होता जायगा उसके भीतरका पानी ठंडा होता जायगा।

जिस तरह पानी के भाप बनने के समय कुछ ताप गुप्त हो जाती है उसी तरह ठोस वस्तु के पिघलने में भी कुछ गर्मी गुप्त हो जाती है इसको पिघलनेका गुप्ताप कहते हैं। एक ग्राम बर्फ के पिघलाने के लिये लगभग ८० कलारी ताप चाहिये।

बर्फ के पिघलने का गुप्त ताप निकालने की विधि बहुत सरल है। एक कलारीमापक में जिसका जल तुल्यंक म है ख घाम पानी t_1° पर लो। कुछ बर्फ 0° शपर उस कलारीमापक में डालदो। कलारीमापकका तापक्रम t_2° हो जायगा। फिर उसको तौल कर बर्फ की मात्रा व निकाल लो। बस बर्फ का गुप्त ताप ग नीचे लिखे हुये समीकरण से निकाला जा सकता है।

$$व ग + व त_2 = (म + ख) (त_1 - त_2)$$

ऊपर बताया गया है कि जब पानी खौलता है तो उसका तापक्रम स्थिर रहता है, उसी तरह जब ठोस पदार्थ पिघलता है तो उसका तापक्रम स्थिर रहता है यह गुण बहुतसे पदार्थके द्रवांक निकालनेमें काममें लाया जाता है। ऐसे पदार्थ जो धीरे धीरे पिघलते हैं, उनके लिये यह विधि बहुत अच्छी है, जैसे नफथलीन मोम इत्यादि। पहले इस पदार्थको पिघला दिया जाता है फिर उसको खूब टारा जाता है और उसका तापक्रम एक एक मिनट पर लिया जाता है और उसको एक वक्र पर निर्दिष्ट कर लिया जाता है।

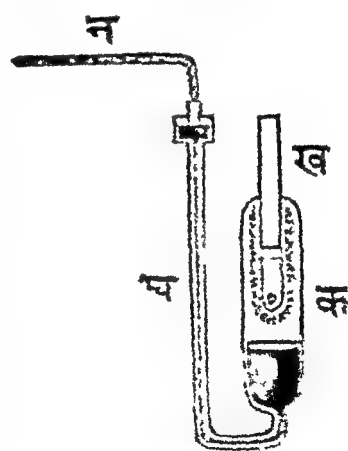
अगर ऐसा किया जावे तो एक वक्र मिलेगा जिसको शीतलीभवनका वक्र कहते हैं। वक्रका सीधा भाग द्रवांकका सूचक है।

लेकिन कभी कभी ऐसा होता है कि द्रव ठण्डा होकर द्रवांक के नीचे भी लाया जा सकता है मगर फिर भी जमता नहीं, इसको अतिशीतलित द्रव कहते हैं। जब द्रवको उबालकर उसमेंकी घुली हुई हवा निकाल देते है तो द्रव अतिशीतल हो सकता है, लेकिन यह हालत अस्थायी होती है। जरा हिलानेसे जमना शुरू होजाता है और तापक्रम बढ़कर द्रवांक हो जाता है।

गर्मी पाकर हालत बदलनेका गुण दो तरहके कलारीमापकमे इस्तेमाल किया जाता है, एक तो बर्फ कलारीमापक और दूसरा भाप कलारीमापक ।

बुनसनके बर्फ कलारीमापक मे गर्मी बर्फको दी जाती है जिससे बर्फ पिघलती है । प्रयोगसे हम यह जानते हैं कि १ ग्राम पानी जमनेसे आयतनमे कितना बढ़ता है । वस अगर हम उस गर्मीसे बर्फ पिघलाएँ और बर्फके आयतनकी कमी देखलें तो हमको यह मालूम हो जायगा कि कितनी बर्फ पिघली । इससे हम गर्मीकी मात्रा निकाल सकते हैं ।

बुनसनका बनाया हुआ यंत्र चित्र ३६मे दिखलाया गया है । क एक बड़ा शीशेका वर्तन है जिसमे एक पारखनली ख जुड़ी हुई है, क वा अधिक भाग उवाले हुए पानीसे भरा रहता है और निचले भागमें पारा रहता है । घ एक मुड़ी हुई नली है और यहभी पारे से भरी है । न एक अंकित सूचिका नली है जिसके सिरेको पारेमे इतना डुबो रखते हैं कि पारा काफी दूर न तक चढ़ जाय । पहिले क के अन्दरका पानी धिलझुल जमा दिया जाना है ।



चित्र ३६

पेन्ना करनेके लिये क को एक बर्फसे भरे हुए वर्तनमें रखते हैं लेकिन पानीसेसे नय धुली हुई हवा उवालकरके निकाल दी जाती है । इसलिये पानी प्रतिशीतन होने लगता है । जमना आगम्भ करनेके लिये नय में कुछ ईंधन या बलक रखते हैं और उनमें हो-

कर हवा बुलबुलाते हैं। ज्वलक भाप बनकर उड़ जाता है और पानीसे अपनी गर्मी लेता है। इस कारण पानी जम जाता है।

यत्रको अंकित करनेके लिये ख मे कुछ गरम पानी डालते हैं और पारेका न मे पीछे खसकना देख लेते हैं। अगर व_१ ग्राम पानी त_१°श पर डालनेसे प_१ अङ्क न मे पारा खसका तो न का

$$१ \text{ अङ्क} = \frac{व_१ \text{ त}_१}{प_१} \text{ कलारी।}$$

किसी ठोस पदार्थका आपेक्षिक ताप निकालनेके लिये कुछ पानी ०°श पर ख मे लेते हैं और ठोसको किसी तापक्रम त_२ तक गरम करके ख मे डाल देते हैं। अगर ठोसकी मात्रा व_२ और उसका आपेक्षिक ताप स हो और पारा प_२ अङ्क खिसके तो

$$व_२ \times स \times त_२ = \frac{व_१ \text{ त}_१}{प_१} \times प_२$$

जिससे स निकाला जा सकता है।

बिना ऊपरकी भांति अङ्कित किये हुए भी हम गणना कर सकते हैं अगर हम प्रयोगके इस नतीजेको मानले कि एक ग्राम बर्फका आयतन ०°श पर १.०९०७ घ शम है और एक ग्राम पानीका आयतन ०°श पर १.००० घ. शम है। १ ग्राम बर्फ पिघलनेमे ०.९०७ घ. शम, आयतन कम होता है तो अगर प्रयोगके बीचमे अ घ. शम, आयतन घटे तो $\frac{अ}{०.९०७}$ ग्राम पिघल

गया। इस कारण $व_२ \times स \times त_२ = \frac{अ}{०.९०७} \times ग$ जहाँ ग = बर्फ

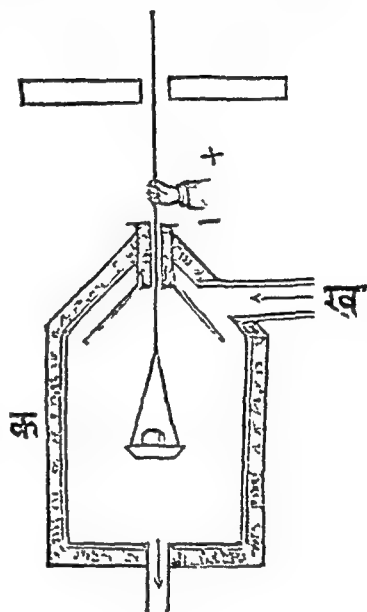
का गुप्त ताप और जो ८० क के बराबर है।

पानी सब तापक्रमोपर उबल सकता है अगर उसपर दबाव घटा बढ़ा सके। ७६० स म के दबाव पर पानी १००°श पर उब-

लता है। अगर दबाव बढ़ाया जाय तो कथनांक भी 100° से अधिक होता जाता है। इस भापको अतिम भाप कहते हैं। इसी तरह अगर दबाव कम करते जायें तो पानी 100° से कम ही पर उबलने लगेगा, यहाँ तक कि ४ स.म. दबाव हो तो पानी 0° श पर उबल जावेगा और इस से भी दबाव कम हो तो बर्फ बिना पिघले भाप बन कर उड़ जावेगी।

दबाव अधिक करने पर बर्फ जल्दी पिघल जाती है अथवा 0° श से कम पर ही पिघल जाती है। मामूली तरह से यह कहा जा सकता है कि बर्फ पिघलने से सिकुड़ जाती है, इस वजह से दबाव पड़ने पर इस सिकुड़न की सम्भावना अधिक होगी। इसका ठीक कारण कठिन है और इस किताब में नहीं बताया जावेगा। टिंडल का प्रयोग इस सिलसिले में बहुत मनोरञ्जक है, जिसका वर्णन पृष्ठ ४७ पर दिया जा चुका है। तार के दो सिरो पर दो बोझ बांध कर तार को एक बर्फ के टुकड़े पर रख देते हैं। हम यह देखेंगे कि तार बर्फ को काटता हुआ नीचे निकल आयेगा, लेकिन बर्फ का टुकड़ा ज्यों का त्यों बना रह जायगा। कारण यह है कि ताप के नीचे की बर्फ दबाव पड़ने से पिघल जाती है। तार नीचे खसक जाता है और जो पानी पिघलने से बनता है वह तारके ऊपर चला आता है। ऊपर आते ही यह पानी फिर जम जाता है और तार बर्फ के बीच में हो जाता है। इसी तरह तार नीचे खसकता चला जाता है। दबाव पड़ने पर बर्फ का पिघलना और फिर दबाव के दूर होते ही बर्फ का फिर जम जाना—इस, दृश्य को पुनर्हिमन (regelation) कहते हैं। पहाड़ों में ग्लेशियर के बनने का कारण भी यही है।

दूसरा यंत्र जिससे ताप नाप सकते हैं वह जौली का भाप कलारीभापक है। इससे पदार्थ का आपेक्षिक ताप निकाल सकते हैं। यह चित्र ३७ में दिखलाया गया है। क एक तौलकेका दुहरी दीवार का वर्तन है जिसमें ख द्वारा भाप दाखिल की जा सकती है। नीचे वाले छिद्र द्वारा भाप बाहर निकल सकती है। दोनों दीवारों के बीच की हवा 'शून्य पम्प' से निकाल दी गई है ताकि विकिरण से गर्मी बाहर न जाय। इस वर्तन में एक पलड़ा तार द्वारा तराजू की डांडी से लटका कर रखते हैं। इस पलड़े में जिस वस्तु का आपेक्षिक ताप निकालना होता



चित्र ३७

है उसको रखते हैं। तराजू के दूसरे पलड़े पर कुछ बाट रखकर उस वस्तु की मात्रा निकाल लेते हैं। फिर इस घेरे का तापक्रम देख लेते हैं। फिर यक:यक बहुत सी भाप ख द्वारा घेरे में भेजी जाती है। कुछ भाप वस्तु और पलड़े पर जम जाती है और अपना गुप्त ताप वस्तु को देती है। वस्तु का तापक्रम बढ़ कर 100° हो जाता है। तब भाप का जमना बन्द हो जाता है। फिर तराजू के दूसरे पलड़े पर बाट रखकर तौल ले लेते हैं। मात्रा में जो अधिकता हुई वही जमी हुई भाप की मात्रा हुई। बस अगर व ग्राम भाप को मात्रा है और वस्तु और पलड़े का बोझ w_1 , w_2 ग्राम है, और उनका आपेक्षिक ताप α_1 , α_2 हो और

गुप्तताप

त_१, त_२ घेरेका शुरू और आखिरका तापक्रम हो तो

$$w_g = w_1 \alpha_1 (t_2 - t_1) + w_2 \alpha_2 (t_2 - t_1)$$

जहाँ ग भापका गुप्त ताप है। पहिले खाली पलड़ेसे प्रयोग करते हैं। उस पर कोई बोझ नहीं रखते। इससे पलड़ेका (बोझ \times आपेक्षिक ताप) निकल आता है। फिर ऊपर दिये हुये सम्बन्ध द्वारा उस वस्तु का आपेक्षिक ताप निकल आता है।

लेकिन घेरे से कुछ भाप लटकते हुए तार पर जहाँ कि यह घेरे में दाखिल होता है द्रव हो जाती है। इस कारण तौलना कठिन हो जाता है। इसको दूर करने के लिये तार के चारों तरफ एक सर्पिल रखते हैं जिसमें विद्युत् धारा भेजकर उसको गर्म कर लाल कर रखते हैं। इस गरमी के कारण भाप तार पर नहीं जमने पाती।

ठोस का आपेक्षिक ताप निकालने के लिये उसको सिर्फ पलड़े पर रख देते हैं। द्रवों या कुचालक ठोस पदार्थ या तूणों का आपेक्षिक ताप निकालने के लिये इनको एक गोल गेंद के समान धातु की बनी हुई चीज में बन्द कर रखते हैं। लेकिन सब से बड़ा फायदा इस कलारीमापक का यह है कि इससे गैस का आपेक्षिक ताप स्थिर आयतन पर निकाल सकते हैं जिसके निकालने की और कोई सरल विधि नहीं है। ताँबे के दो गोले लेते हैं जो बिलकुल एक से हों। एक में गैस भर देते हैं और दूसरे को शून्य रखते हैं। तराजूके एक पलड़े पर एक को रखते हैं और दूसरे पर दूसरे को। दोनों पलड़े भापके एक ही घेरे में लटकाये जाते हैं। इससे गैस के कारण जो अधिक भाप जमी वह मालूम हो जाती है, जिससे गैस का आपेक्षिक ताप निकाल लेते हैं।

अभ्यासके लिए प्रश्न

- १—ताप या गरमी कितने तरहकी होती है ?
- २—बरफ गलनेमें कितने कलारी ताप गुप्त कर लेती है ? भापसे जल बननेमें कितने कलारी गरमी प्रकट होती है ।
- ३—गरमीके गुप्त और प्रकट होनेके गुणोंसे हम क्या क्या और किस किस तरह लाभ उठा सकते हैं ?
- ४—गरमियोंमें पानीके छिड़कावसे ठंडक क्यों होती है ?
- ५—भापके गुप्त तापसे क्या अभिप्राय है ? इसको कैसे निकालेंगे ?
- ६—फारनहाइट तापमापकसे तापक्रमका हिसाब लगाकर किसी भाप का गुप्त ताप $^{\circ}\text{F}$ होता है । शतांश तापक्रमसे कितना होगा ? पदार्थकी मात्राकी इकाई बदल दें तो क्या उत्तरमें कुछ भेद पड जायगा ?
- ७— 100 ग्राम पानी 1°C पर है । उसमें 100 ग्राम भाप 100°C श पर प्रवेश करायी जाय तो मिश्रण का क्या तापक्रम होगा ?
- ८—पाच सेर बरफ 0°C पर है । उसे गलानेको 100°C की कितनी भाप चाहिये ।
- ९—अतिशीतलित द्रव और अतितप्त भाप किसे कहते हैं ?
- १०—बुन्सन बर्क कलारीमापकसे आपेक्षिक ताप किस प्रकार निकाला जा सकता है ? यदि बर्कका गुप्त ताप 20 हो और 0° पर इसका घनत्व 0.817 हो तो इसे 12 कलारी गर्मी देनेसे बुन्सनकलारी-मापककी नली में पारा कितनी दूर बढ़ेगा यदि नलीका व्यास 0.5 स. म. हो ?
- ११—जौलीके भाप कलारीमापकका विवरण दीजिये । इससे स्थिर आयतन पर गैसोंका आपेक्षिक ताप कैसे निकालेंगे ?

१३—वाष्पयंत्र-भापका इंजन



ज कल भापसे बड़े बड़े काम लिये जाते हैं। रेलगाड़ी जहाज, स्टीमर और अग्नि-बोट चलते हैं। यंत्रसे आटा पीसते हैं, धान कूटते हैं, अखबार छापते हैं, निदान जितने कामोंमें बल लगता है वह सब भापके बलसे किये जाते हैं।

यह बात मिस्रके सिकन्दरियापुरीके प्रसिद्ध गणितज्ञ हैरोके विप्रमादित्यके राजत्वकालके कुछ पहले ही मालूम थी कि जलसे भाप बनती है तो उसको अपने फैलावके लिये जगहकी जरूरत होती है और भाप अपने बलसे पानकी वस्तुओंको ढकलकर भी अपने लिये जगह कर लेती है। उसी समयसे वैज्ञानिक लोग इस बलको किसी ढंग पर काममें लानेका उद्योग करने लगे। परन्तु इस उद्योगको उपयोगी रूपमें लानेका यश हैरोके १८०० बरस पाछे स्काटलैंडके प्रसिद्ध इंजीनियर वाटको मिला, जिसने एक ऐसा वाष्प-यंत्र (इंजन) बनाया जिससे नपा हुआ बल हर काम के लिये मिलना सहज हो गया है।

इंजनके हर कल पुरजेको ससभानेकी बड़ी जरूरत नहीं है। हम केवल मोटी रीतिसे उसके चलनेका ढंग बतलाते हैं।

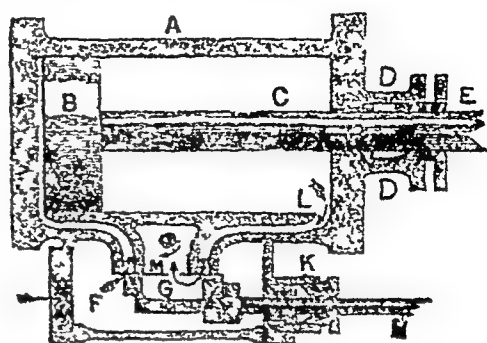
एक बड़े बरतनमें जिसको बेल्ट (खोलानेवाला) कहते हैं पानी खोलाया जाता है। इसमें एक नली लगी होती है जिसकी दो शाखाएं एक पिचकारीके दो निरों पर जा मिलती

है। इसी नलीसे भाप पिचकारीमे पहुंचती है। पिचकारीकी दूसरी ओर भी दो सिरो पर नली लगी होती है जो खुली रहती है।

क, ख, ग, घ, स्थानों पर चार ढकने हैं। मान लीजिये कि हमने पहले ख ढकनेको खोला। भाप इस राहसे पिचकारीके भीतर गई। इसने पिचकारीको डाटको ढकेला, डाट ऊपरको चढ़ी। जब ऊपर पहुंच गई तो ख को बन्द कर दिया, और क और ग को खोल दिया। पिचकारीके भीतरकी भाप ग कपाटसे बाहर निकल आयी परन्तु डाटको क ढकनेसे आती हुई भापने नीचेको ठेला और डाट फिर नीचे उतरती। फिर हमने क ग कपाटोंको बन्द कर ख और घ को खोला तो डाट ऊपरको चढ़ी। इस तरह डाट ऊपर नीचे चढ़ती उतरती रहेगी। इसी डाटके डंडेसे पहिये की धुरी उचित ढंग पर लगी हो तो पहिया भी घूमता रहेगा। यंत्रमे वस्तुतः डाट आपही चलती रहती है। ढकने खोलने बन्द करनेका काम नहीं पड़ता। ढकने इस तरह पर लगाये जाते हैं कि दबावसे आपसे आप खुल जाते और बन्द होजाते हैं। इंजन चलानेका सिद्धान्त यही है। नीचे इंजनके पुरजोंका चित्र दिया गया है जिससे इस बातके समझनेमे कठिनाई न पड़ेगी। इंजनसे रेल चलानी हो तो पहियेको पटरीपर रखकर उसपर गाड़ी रख देते हैं। जहाज चलाना हो तो एक गोलाकार पहियेसे जिसमे लोहेके आड़े टुकड़े लगे होते हैं पानी खेनेका काम लिया जाता है। आटा पीसना हो तो चक्कीके पत्थरको पहिये से चलाते हैं, इत्यादि।

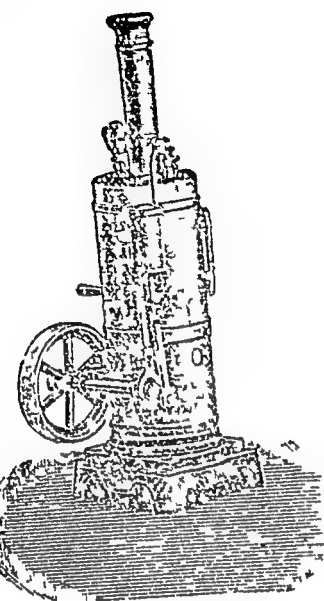
तोरकी दिशामे भाप वैलटसे आकर F के पास (देखो चित्र ३८) भीतरको खाली स्थानमे गयी। इस खाली स्थानमे

H डंडा और G डाट भीतर बाहर आते जाते रहते हैं, G डाटमे विशेषता यह है कि वह खो-खली है, F के ऊपरवाले तीर-की दिशामें M के पास तीर-के मुखपर और इससे ऊपर इसी तीरकी पूंछकी जगह यह तीन छेद हैं और G डाट इस प्रकार सटकर बैठती है कि अपने खोखलेमे उपर्युक्त



चित्र ३८

तीन छेदोंमेंसे दोको रखती है और तीसरे (ऊपर या नीचेवाले छेद को) खुला छोड़ देती है । तो जब नीचवाला (F के ऊपरवाला) छेद खुला रहता है (जैसा चित्रमे दिखाया गया है) उस समय ऊपरवाले दो छेद G के खोखलेमें आजाते हैं और उनमें आपुस-से भाप तीरोकी दिशामे आ सकती है । इसी समय वैलटसे आयी हुई भाप F के ऊपरवाले तीरकी दिशामें बाएं ओरकी A बड़ी पिचकारीमें B डाटके नीचे पहुंचती है और इस डाटको ऊपर की ओर ढकेलती है । इस प्रकार यह डाट पिचकारीके ऊपरके सिरेपर पहुंच जातो है । और जो कुछ पहलेकी आयी हुई भाप A के भीतर थी वह तीरोकी दिशामें G खोखलेमेसे M ऊपरवाले काले विन्दुपर लगी हुई नलीसे बाहर चली जाती है । इतना देरमें G डाट और नीचेको बढ़ती है, नीचे और बीचवाले छेद G के खोखलेमें पड़ जाते हैं, ऊपरवाले तीरके पूंछपरका छेद खोखलेके बाहर हो जाता है, इसलिए वैलटसे आयी हुई भाप इस छेदसे पिचकारीमें L के पास पहुंचकर ऊपर आयी हुई B डाटको नीचे ढकेलती है । डाट B के नीचे वाली भाप



चित्र ३९

पहलेकी तरह G के खोखलेमे पहुँच कर बाहर निकल भागती है। यह काम अनन्तर होता रहता है और B डाट ऊपर नीचे आती जाती रहती है। जो पहिया E डंडेसे उचित रीतिपर लगा रहता है घूमा करता है तथा नाना प्रकारसे काम करता है। इसी पहियेसे जुड़े रहने के कारण H डंडा भी ऊपर नीचे चलता रहता है।

इंजन सीधे और खड़े भी होते हैं। एक खड़े इंजनका चित्र दिया जाता है। (देखो चित्र ३९)

सब इंजन एक ही बलके नहीं होते। बड़े बड़े कार्योंके लिए बड़े इंजन चाहिए। जिस तरह हमारे यहाँ अगले लोग हाथीसे बल नापते थे, और कहते थे, धृतराष्ट्रको दश हजार हाथीका बल था इत्यादि उसी तरह युरोपमे, जहाँ हाथी नहीं होते, घोड़ोंसे ही बल नापा गया। जितना बल हाथी अपनी सूँढ़से अपने सिर बराबर उठा सकता था उसका हजार गुना बल जो उतनी ही देरमे उठा सकता, हजार हाथीका बलवान कहलाता था। अब भी लोग पत्थरकी भारी नाल सिरतक उठाकर अपने बलकी अटकल पसेरियो और मनोसे करते हैं। ब्रिटेनमे लम्बाईकेलिए फुट और बलकेलिए पौंड (आधसेरा) इकाई है। जितनी ताकत १ पौंडको धरतीसे १ फुट ऊँचा उठानेमे प्रति सेकंड लगती

है उसे १ फुट-पौंड बल ठहराते हैं। उनकी अटकलमे १ घोड़ेका बल ५५० फुट-पौंड प्रति सेकंडके बराबर है, अर्थात् घोड़ा ४०० मनके लगभग बोझको एक मिनिटमे १ फुट ऊंचा उठा सकता है। यद्यपि यह बात ठीक नहीं मालूम होती कि घोड़ोंमे इतना बल है, तब भी ताकतकी इस नापको घोड़ेकी ताकत, घोड़ेका बल अथवा अश्वबल कहते हैं और कहते हैं उस इंजनमे तो १० घोड़ेकी ताकत है। इसीलिए इंजनके रचना-कालसे ही उसके काम करनेकी ताकत नापनेको अश्वबल परिमाण मना गया है।

अभ्यासकेलिए प्रश्न

१—भापके इंजन किस सिद्धान्तपर बनते हैं ?

२—अश्वबलसे क्या अभिप्राय है ?

१४—गरमीका फैलना



दि लोहेके चीमटेका एक सिरा आगमें रक्खा जाय तो थोड़ी देरमे दूसरा सिरा भी गरमहो जाता है। यदि एक सिरेका आगमे रख धीरे धीरे उस सिरेसे दूसरेतक छूते जायें तो जान पड़ेगा कि गरमी धीरेधीरे एक सिरेसे दूसरेको आ रही है। मतलब यह कि धीरे धीरे लोहेका एक हिस्सा, फिर उसके पासका दूसरा, फिर तीसरा हिस्सा गरम होता जाता है। गरमीके इस तरह फैलनेको चलन कहते हैं। लोहेकी जगह लकड़ी या चांस लें तो एक सिरेके जल जानेपरभी दूसरा गरम न होगा।

इससे मालूम हुआ कि सब वस्तुओंमें गरमीका चलन बराबर नहीं होता। जिन वस्तुओंमें लोहेकी तरह गरमी जल्दी फैलती है उन्हें सुचालक कहते हैं, और जिसमें नहीं फैलती वा देरमें फैलती है उन्हें कुचालक कहते हैं।

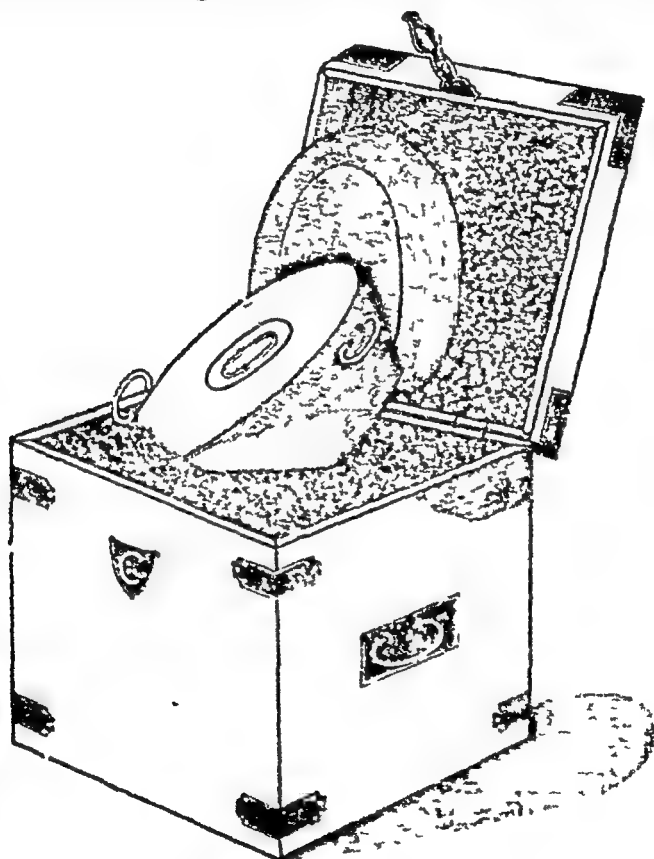
सभी धातु सुचालक हैं। पत्थर, चमड़ा, लकड़ी, ऊन आदि कुचालक हैं। कागज कुचालक पदार्थ है। इसके किसी भागको आगमें रख देनेसे आगकी गरमी सब एकही जगह लगाकर रह जाती है और वह भाग जलने लगता है। परन्तु उसे ही एक ताँबेके बेलनपर लपेटकर आगके ऊपर रखें तो कागज कुछ देर तक न जलेगा क्योंकि कागजको जलानेवाली गरमी ताँबेमें चली जाती है, क्योंकि ताँबा सुचालक पदार्थ है।

सुचालक पदार्थोंमें भी कोई अधिक और कोई कम चालक होते हैं। अगर हम जानना चाहे कि ताँबा और लोहा इन दोनोंमें कौन अधिक चालक है तो बराबर मोटे तारके टुकड़े लें, एक ताँबेका और दूसरा लोहेका। इनके एक एक सिरेको आगमें रख एक एक दियासलाई आगसे कुछ दूर बराबरीपर रखें। जिस तारकी दियासलाई पहले जले वही अधिक चालक है।

सरदी में धातु छूने में ठंडी लगती और ऊन गरम। हमारे शरीर का तापक्रम सरदी में धातु के तापक्रम से अधिक होता है, अतः जब हम किसी धातु को छूते हैं, हमारे शरीर की गर्मी धातुके उस स्थान पर पहुँच जाती है जहाँ पर हम उसे छूते हैं। पर धातु गरमी का अच्छा चालक है, अतः वह गर्मी वहाँ पर रहने नहीं पाती, और आगे बढ़ जाती है, इसलिये वह स्थान हमें ठंडा मालूम होने लगता है। ऊन या रुई के भीतर बहुतसी

हवा रहती है जो बहुतही कुचालक है। अतः उसमें गरमी आगे नहीं बढ़ने पाती, और हमें रुई या ऊन गरम मालूम पड़ती है।

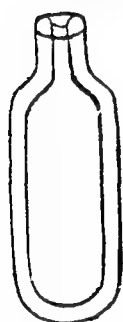
इसी लिये हम सरदी में ऊन या रुई के कपड़े पहनते हैं। यदि बर्फको ऊनी कपड़े या लकड़ीके बुरादेमें लपेटकर रख दें तो वह बिना पिघले बहुतदेर तक जैसीकीतैसी बनी रह सकती है।



चित्र ४०

आजकल बहुधा भोजनादिक वस्तुओंको गरम रखने तथा बरफको रखनेके लिये बक्स (चित्र ४०) बनते हैं जो दोहरी

भीतके होते हैं और दोनों भीतोंकी पोलमे ऊन, नमदा आदि बु-चालक पदार्थ भरे रहते हैं। जो वस्तु इसके भीतर रक्खी जाती है बाहरी सर्दी गरमीसे उसका कोई संसर्ग नहीं रहता। इस तरह बहुत समयतक ठण्डी या गरम जिस दशामे रक्खी जाती है उसी दशामे प्रायः बनी रहती है।



गरम दूध, गरम चाय और ठण्डा पानी ले जानेके लिये बाजारोमे थर्मो (चित्र ४१) विकते हैं। थर्मो दोहरी दीवालवाला कांचका बरतन है। दीवालोंकी पोलमेसे नली द्वारा हवा बिल्कुल निकालकर वायु शून्य करके सदाके लिये नली बन्द कर देते हैं। इसे चमड़ेके खोलमे रख लेते हैं जिससे टूटने न पाये। इन दीवालोंकी पोलकी ओर चांदी चढ़ी रहती है। पोलके वायु शून्य होने और दीवालों पर

चित्र ४१ चांदी चढ़ी रहनेसे थर्मोमे रखे पदार्थका तापक्रम घटता बढ़ता नहीं क्योंकि न बाहरसे गरमी आती है और न उसमेसे बाहर जाती है।

इञ्जन हाउज़ का प्रयोग

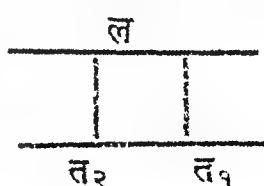
एक बर्तनमे बहुतसी धातुओंके छड़ोके सिरे डाले रहते हैं। सब छड़ोका पृष्ठक्षेत्र बराबर होता है और ये बिल्कुल एकसे होते हैं। सब छड़ों पर बराबर मोटाईमे मोम जमा देते हैं। अगर हम विशदम्-कोबल्टम् और ताँबेके तारोंकी तुलना करें तो यह मालूम होगा कि पहिले विशदम्के छड़पर मोम ज्यादा दूर तक पिघलता है लेकिन कुछ समय बाद ताँबेपर। इसका कारण यह है कि स्थिर अवस्था पहुंचनेके पहिले जो गरमी छड़के

किसी हिस्सेमें पहुंचती है उसमेंसे कुछ तो पृष्ठसे विकिरण द्वारा गायब होजाती है, कुछ उसका तापक्रम बढ़ानेमें लग जाती है, और कुछ चलन द्वारा छड़के दूसरे सिरेकी ओर चली जाती है। अब तांबेकी ताप-समाई विशदकी ताप-समाई से ज्यादा है और इसका असर तांबेके सुचालक होनेके असरसे अधिक है। शुरूमें विशदका तापक्रम तांबेके तापक्रमसे उतनी हो दूरीपर अधिक होता है इसलिये स्थिर-अवस्थाके पहिले विशदम्-पर मोम ज्यादा दूरी तक पिघलता है लेकिन स्थिर-अवस्थाके बाद जब छड़के हर एक भागमें तापक्रम स्थिर होजाता है तो ताप-समाईका असर जाता रहता है और चूंकि तांबा विशदम्से अच्छा चालक है तांबे पर मोम ज्यादा दूर तक पिघलता है। यह साबित किया जासकता है कि अगर ल_१, ल_२, दोनों छड़ों पर मोम पिघलनेकी लम्बाई हो तो उनकी चालक शक्तिकी

$$\text{निष्पत्ति} = \frac{\text{ल}_2}{\text{ल}_1} \frac{r_2}{r_1}$$

तापचालकता

चित्रमें एक छड़का एक भाग दिखलाया गया है। अगर हम छड़का एक बहुत छोटा हिस्सा ले जिसकी लम्बाई ल है और अगर इसके दोनों सिरोंका तापक्रम त_१, त_२ हो, अ पृष्ठका मध्यच्छेद हो और ग जो गरमी दूसरे पृष्ठसे स समयमें चलन द्वारा जाती है, हो, तो यह प्रयोगसे सिद्ध किया जासकता है कि :—



$$g \propto \frac{t_1 - t_2}{l} \text{ अस}$$

$\frac{t_1 - t_2}{l}$ को तापक्रम गिराव कहते हैं पस

$$g = \frac{1}{C} \frac{t_1 - t_2}{l} \text{ अस}$$

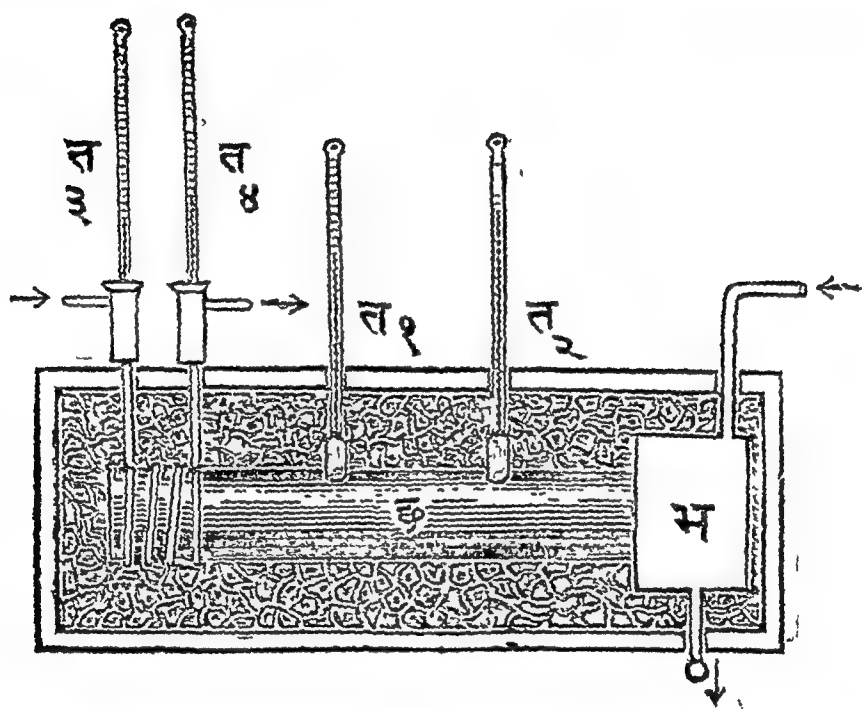
जहां हम च को उस धातु की ताप चालकता कहते हैं। इससे तापचालकता च की परिभाषा हम यह भी कर सकते हैं कि यह गरमोकी वह मात्रा है जो १ श.म लम्बी छड़के जिसके सिरोंके तापक्रमका अन्तर १° है और पृष्ठक्षेत्र १ वर्ग श.म. हो एक सैकण्ड में पृष्ठके पार हो जाय।

चालकता निकालनेका सर्लका यन्त्र

ऊपर जो परिभाषा गरमोके चलनकी दीगयी है उसके द्वारा हम किसी वस्तुमे गर्मीका चलन बहुत आसानीसे निकाल सकते हैं। सर्ल (Searl) का यन्त्र जिसके द्वारा यह किया जा सकता है नीचे बताया जाता है।

छ लोहेका एक छड़ है जिसका एक सिरा एक वर्तन भ मे डालकर गरम किया जाता है। भ में भाप दाखिलकी जाती है। और यह १००° पर रखा जाता है। छड़के दूसरे सिरेपर एक नली लपेटी हुई है। इस नलीमे पानी बराबर एकसा बहा करता है। अन्दर आनेवाले और बाहर जानेवाले पानी दोनोंका तापक्रम तापमापक t_3 , t_4 पर पढ लिया जाता है। t_1 , t_2 दो और तापमापक हैं जो छड़में कुछ दूर तक डालकर रखे गये हैं

सारे यन्त्रको रूई या नमदा से ढांककर रखते हैं ताकि छड़के पृष्ठसे गर्मी होकर बाहर न जाय ।



चित्र ४

अगर व ग्राम पानी नलीमें प्रति मिनट बहे और अन्दर आनेवाले पानीका तापक्रम t_1 , बाहर जाने वालेका t_2 हो और छड़के मध्यच्छेद की क्षेत्रफल आ हो तो चलन द्वारा जो गर्मी प्रति मिनट पानी में आई वह बराबर है

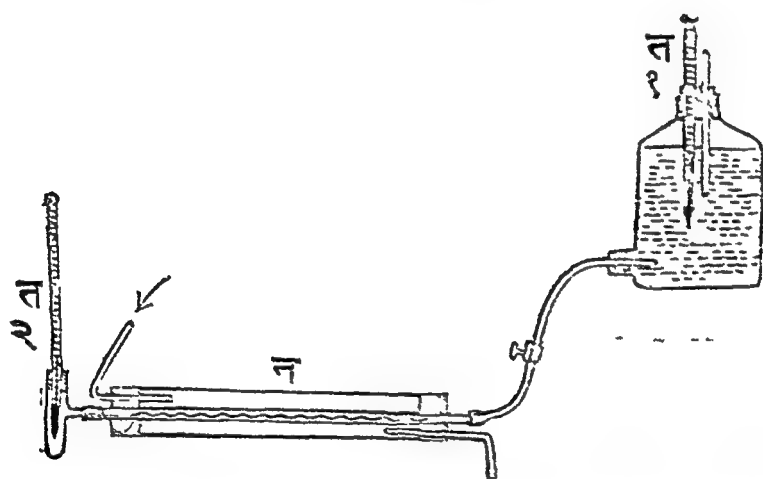
$$च \frac{t_2 - t_1}{ल} अ० ६०$$

अगर t_1 , t_2 के बीचका फासिला के ल हो । इसने व ग्राम पानी-को t_3 से t_4 तक गर्म किया इसलिये ।

$$च \frac{t_0 - t_1}{ल} \times ६० = व (t_2 - t_3)$$

जिससे उस छड़के पदार्थ के लिये च, चलन शक्ति निकाली जा सकती है।

अब एक साधारण यंत्र बतलाया जावेगा जिससे कांच या रबर को चलन शक्ति निकाल सकते हैं। न कांच की एक नली है जिसमें ठंडा पानी एकसा बहता है और उसका तापक्रम



चित्र ४३

त_१ एक तापमापक से पढ़ा जा सकता है। न एक भापजाकट से घिरा हुआ है। पानी न में भापसे गरम हो जाता है और जब वह गरम होकर दूसरे सिरे से बाहर निकलता है तो उसका तापक्रम त_२ एक तापमापक से पढ़ लिया जाता है। अगर न की लम्बाई ल और उसके अन्दर और बाहर के व्यासार्ध की औसत रहो और व ग्राम पानी प्रति मिनट बहे तो:—

$$ब (t_2 - t_1) = च \ २\pi \text{ र ल } \frac{100 - \frac{1}{2} (t_1 + t_2)}{स} ६०$$

अगर शीशेकी मोटाई म हो । क्योंकि हम ऐसा समझ सकते हैं कि गरमी शीशेसे होकर पानी मे आई और शीशेका औसत पृष्ठ क्षेत्रफल = $२\pi \text{ र ल}$ । वस हम च निकाल सकते हैं ।

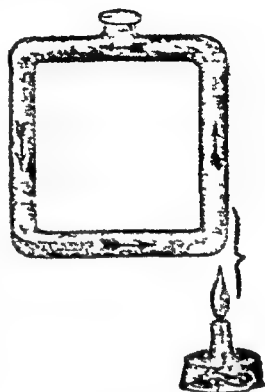
तांबेकी सुचालक शक्ति बहुत काम मे आती है । खानोमें रोशनीकी जरूरत होती है लेकिन बहुधा उनमें जलनशील गैस रहती है । अगर ये ज्वालाको छूदें तो खानमे विस्फुटन होजाय । इस वजह से डेवीका रक्तकदीप इस्तेमाल करते हैं । इसमे ज्वाला चारों ओरसे तांबेकी जालीसे ढकी रहती है । जालीके अन्दरकी गैस गरम हो जाती है, लेकिन वह बाहरकी गैसको अग्निज तापक्रम तक नहीं गरम कर सकती क्योंकि जहाँ अन्दर गैस जालीको छूती है उसको गरमी, जाली सुचालक होनेके कारण, जल्दी चारो ओर फैली देती है और कोई स्थान ज्यादा गरम नहीं होने पाता ।

द्रव और गैसमें गरमी फैलानेका गुण बहुत कम होता है परन्तु जैसा हम कह चुके हैं द्रव और गैसों गरमी पाकर आप ही फैलने लगती है अतएव हलकी होने लगती हैं और हलकी होनेसे आपही ऊपरकी सतह पर गरमीको लिये हुए जाती हैं । इसी तरह दूसरी, तीसरी, चौथी तह भी गरम हो होकर ऊपरको उठती हैं । इस तरह गरमी स्वयं नहीं चलती तो द्रव और गैसों उसे ढो ढोकर पहुंचा देती है ।

प्रयोग २३—नीचेसे गरम करनेपर पानी जो चारो ओर दौड़ने लगता है उस दिखानेके लिये एक चौखूटी काँचको नलीमें

पानी भरकर गरम करते हैं। पानीकी गति उसमे दिये हुए चित्रके अनुसार दिखाई देती है। (चित्र ४४)

गरमीको लिये हुए किसी पदार्थके घूमनेको वहन और गरमी के इस तरह पहुंचाये जानेको वाहन कहते हैं।



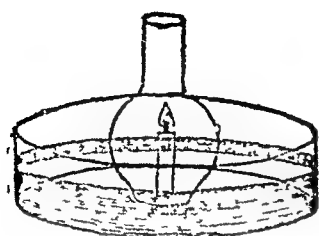
चित्र ४४

यद्यपि कागज और पानी दोनों कुचालक है, तथापि इसी वहन गुणसे कागजकी कढ़ाई मेभी पानी उबाल सकते हैं या पूरियाँ पका सकते हैं। यदि कागजकी कढ़ाई बना उस मे आधा पानी भरा जाय और कोयलेकी आँच दी जाय तो गरमीको लेकर पानी वहने या चक्रमार्गमें चलने लगता है, यहाँ तक कि उबलने लगता है और कागजके जलानेके योग्य गरमी इकट्ठी नहीं होने पातो।

कागजका एक टुकड़ा अगर आगकी लौके ऊपर छोड़ा जाय तो यह ऊपरको उड़ने लगता है। वात यह है कि आगके पास हवाकी नहें गरम होनेसे फैलती हैं और ऊपरको उठती हैं, या वहन करती हैं और साथही कागज आदि हलकी चीजें ऊपरको उठती हैं। हलकी होनेसे गरम हवा सदा ऊपरको उठती है।

जहाँ कहीं आँच होती है, आग जलती है या किसी तरह पर हवा गरम होती है, वह ऊपरको उठती है। मौसिमी गरमीसे भी यही होता रहता है और गरमीकी जगह पर ठण्डी हवा आ जाती है। किसी कारणसे उसकी जगह और वायु न आ सके तो आगका जलता रहना संभव नहीं है।

प्रयोग २४—एक कटोरेमें एक मोमवत्ती जमाकर उसमें

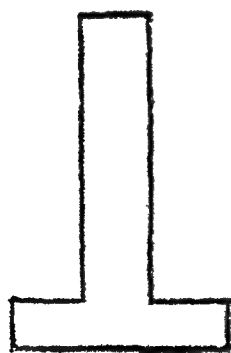


थोड़ी दूरतक पानी भर दीजिये । फिर वत्तीको जलाकर उस पर एक चिमनी लगा दीजिये उसका निचला भाग पानी में डूबा रहेगा । वत्ती बहुत जल्द बुझ जायगी । वात क्या है ? हवाके लिये

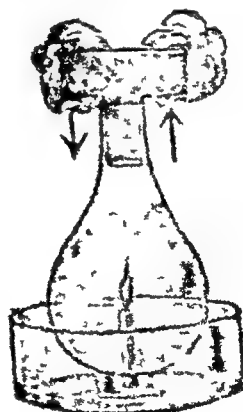
चित्र ४५

एक ही राह है और इसी राहसे गरम हवा ऊपरको उठता है । इसकी जगह ठण्डी हवाको आनेके लिये कोई मार्ग नहीं है, और वत्ती हवाके न मिलनेसे बुझ जाती है ।

अगर किसी तरह दो राह बनादे कि एकसे गरम हवा निकले और दूसरीसे ठण्डी हवा पैठे, तो वत्ती जलती रहेगी, लग्गोमें इसलिये नीचेसे भँफरिया काटकर वायुके आनेको राह बना दी जाती है । इस चिमनीमें बीचों बीचसे दीन या मोटे



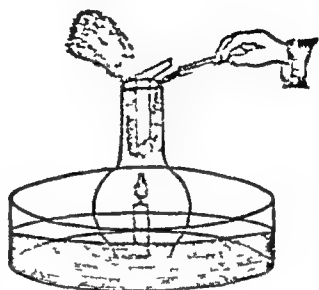
चित्र ४६



चित्र ४७

वागजका परदा (चित्र ४६) लगाकर दो राह करदे तो वत्ती

जलती रहेगी (चित्र ४७) क्योंकि एकसे गरम हवा निक-
लेगी दूसरीसे ठण्डी पैठेगी। ऐसाही एक परदा सीधा वैसाखी
सा काटें (जिसमे चिमनी पर सहज ही ठहर सके) और
लगाकर बत्ती जला दें और
फिर चिमनी लगावे तो बत्ती जलती
रहती है।



चित्र ४८

प्रयोग २५—एक ओरसे गरम हवा
ऊपरको उठती है और दूसरी ओरसे
ठण्डी नीचेको आती है, इस वातको
अगर प्रत्यक्ष देखना चाहे, तो एक
मोटे रद्दी कागज या कपड़ेकी बत्ती बना उसे सुलगाइये, जब
खुब धुआँ निकलने लगे तो इसको (चित्र ४८) चिमनीके
पास ऊपर लाइये। आप देखेंगे कि धुआँ चिमनीकी एक राहसे
नीचेको उतरता और दूसरीसे ऊपरको चढ़ता है। जिस राहसे
धुआँ भीतरको जाता है उसीसे हवा भी जा रही है, वल्कि धुआँ
अप उसी हवाके भोकेके कारण साथ ही भीतर जा रहा है।

जिस कमरेमे बहुत मनुष्य हो वहाँकी हवा गरम और गंदी
हो जाती है। बाहर निकलनेकी राह न पाकर उन मनुष्योंको हानि
पहुँचाती है इस लिए कमरेमे ऐसा बन्दोबस्त होना चाहिये जिससे
हवाके आने जाने के लिए दो रास्ते हो। ऊपरकी राहसे गरम
हवा बाहरको निकलती जाय और नीचेसे शुद्ध ठण्डी हवा कमरेमे
आती रहे। सोते समय इस प्रबन्धकी ऐसी आवश्यकता समझी
कि आयुर्वेदिक ग्रन्थकारोंने प्रवात शयनके बड़े लाभ लिखे हैं।

सूरज और धरतीके बीच ९ करोड़ मीलकी दूरी होनेपर भी

हमें सूरज से गरमी मिलती है। यह कैसे ? शायद आप कहे कि वायुकी तहे गरमी लेकर सूरजसे हमारे पासतक संवहन करती है। ऐसा नहीं है, क्योंकि हमारी वायुका मंडल सूर्यतक नहीं है। गरमी फिर क्योकर यहाँ तक पहुँचती है ? यह भी देखनेमें आता है कि सूर्य और पृथ्वीके बीचकी हवा गरम नहीं होती। क्योंकि ऐसा होता तो निश्चय ही ऊँचे स्थानमें, पहाड़की चोटीपर, मैदानोंसे ज्यादा गरमी होती, क्योंकि पहाड़ मैदानकी अपेक्षा सूर्यके पास हैं।

इन सब कारणोंसे वैज्ञानिकोंका विचार है कि गरमीकी लहरें होती हैं जो गरम वस्तुसे निकलकर चारों ओर फैलती हैं। इनकी गति सोधी रेखामें होती है। इन किरणोंकी राह रोक दें तो गरमी नहीं लगती, जैसे छतरी लगानेसे सूरजकी गरमी नहीं लगती। इस तरह गरमीकी किरणोंका सब ओर फैलना विकिरण कहलाता है। गरमीकी किरणें जिस वस्तुपर पड़ती हैं उसे गरम कर देती हैं। दर्पण आदि चमकीले पदार्थों पर प्रकाशकी किरणें पड़कर जैसे फिर लौट जाती हैं उसी तरह गरमीकी किरणें भी लौट जाती हैं। इसे परावर्तन कहते हैं।

कुछ पदार्थ ऐसे हैं जो इन किरणोंको सोख लेते हैं और बहुतसे नहीं सोख सकते। सोखनेवाले पदार्थों को शोषक कहते हैं। जो वस्तु जितनी अधिक गरमी सोखेगी उतनी ही अधिक गरमी उससे हमको मालूम होगी। काला रंग सुशोषक है, इस लिए काला कपड़ा गरमीके दिनमें बुरा लगता है।

पानीका आपेक्षिक ताप मिट्टीसे अधिक है। इस कारण जब दिनमें सूरज चमकता है तो उसकी गरमीसे समुद्रके किनारोंकी

धरती पानीसे अधिक गरम होजाती है। उसके ऊपरकी हवा भी अधिक गरम और हलकी हो जाता है, वस यह ऊपर उठती है और समुद्रको ठंडी हवा इसकी जगह लेलेती है। इसको जलसमीर कहते हैं। रात में बिलकुल इसका उलटा होता है और तब थलसमीर बहती है।



धरती

चित्र ४६

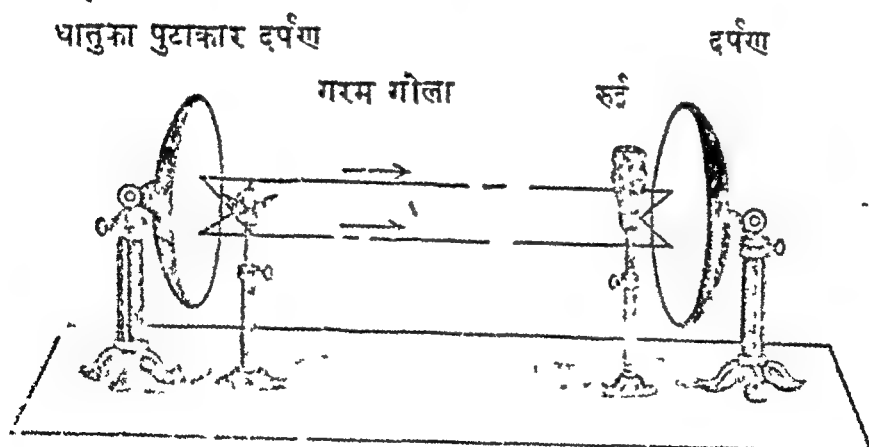
समुद्र

ठीक इसीका उलटा साँझको होता है। धरती बड़ी जल्दी गरमीको बिखेर देती है—परन्तु पानीको इस काममें बहुत देर लगती है—इसलिए पानीके पासकी हवा गरम रहनेसे ऊपरको उठती है और उसको जगह धरतीकी ठण्डी वायु लेती है। इसीलिए साँझको प्रायः धरतीसे समुद्रकी ओर हवा बहती है। इसी तरह समुद्रके कई भागोंमें भी गरमीके घटने बढ़नेसे प्रचंड वायु बहा करती है जिनके त्रिजारी हवा वा व्यापारी वायु आदि अनेक नाम हैं।

जो जितना लेता है उसे उतना ही देना भी पड़ता है। जो वस्तु अधिक शोषक होती है वह उतनी ही अधिक गरमीकी किरणें बिखेरती भी है अथवा विकिरण करती है।

आप रात को एक छपे हुए कागजके टुकड़ेको आगमें जलाइये। आप देखेंगे कि उजला कागज काला दीखता है और काले अक्षर उजले दीखते हैं। कारण यह है कि स्याहीसे अधिक तीव्र किरणें निकलती हैं।

गरमीकी किरणें भी ज्योतिके समान परावर्तित होती हैं। एक तरहका पुटाकार दर्पण होता है, जिसमें उसके तलपर पड़नेवाली सारी किरणोंको एक ही बिन्दु पर इकट्ठीकर देनेका गुण है। इस बिन्दुको दर्पणकी किरणनाभि कहते हैं। यदि दूर तेज आग जलती हो और नाभिपर कोई हलकी वस्तु रख दी जाय तो यह गरम होजायगी। दियासलाई और रुईजल उठेंगी और मोम पिघल जायगा। कहते हैं कि अमेरिकाके एक यन्त्रालयमें अग्निसे १०० फुटकी दूरीपर इसी रीतिसे भोजन पकाया जाता है।



चित्र ५०

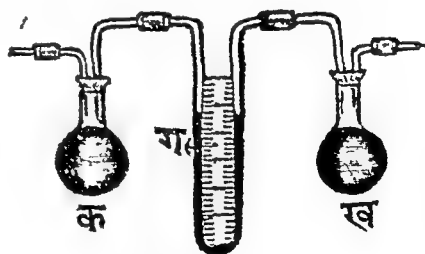
वायु दर्पणकी (चित्र ५०) नाभिपर गरम गेंद है। गरमीकी किरणें इस दर्पणसे परावर्तित होकर दूसरे दर्पणपर पड़ती हैं।

इस दर्पणसे परावर्तित होकर रूईपर एकत्रित होती है और रूई जलने लगती है।

ऊपरके प्रयोग द्वारा यह मालूम होता है कि विकिरण सामर्थ्य परावर्तनके उन्ही नियमोंका पालन करता है जिन्हें प्रकाश। वास्तवमें यह दिखलाया जासकता है कि विकिरण सामर्थ्यमें प्रकाशके सारे गुण होते हैं और यह वस्तुतः एक प्रकार का प्रकाश ही है।

इन सब बातोंके सिद्ध करनेके लिये ऐसे यंत्रका होना आवश्यक है जिनसे हम विकिरण सामर्थ्य नाप सकें। इसके लिये लेसलीका भेददर्शक वायुतापमापक जिसका वर्णन २९ पृष्ठपर किया गया है बहुत अच्छा है। इसका एक चित्र नीचे भी दिया जाता है। तापमापकके एक बल्बको काजलसे रंग देते हैं। सब विकिरण ताप जो उसपर पड़ता है सोख ली जाती है और द्रव-सूचक खसकता है। हम इसको अंकित कर सकते हैं।

इससे और अच्छे यंत्र निकाले गये हैं। विद्युत्की किताबोंके पढ़नेसे मालूम होगा कि अगर दो असमान धातुओंके जोड़को गरम करें तो उस चक्करमें विद्युत्-संचालक-शक्ति पैदा होती है जिसके कारण एक धारा बहती है। इस विद्युत्-संचालक-शक्तिकी मात्रा जोड़के तापक्रमपर निर्भर है। बस



चित्र ५१

सगर हम वि. स. श. को जान लें तो जोड़का तापक्रम निकाल सकते हैं। इस यंत्रको तापविद्युद्गुग्म कहते हैं। इसमें बहुधा

आंजन-विशद या तांबा-लोहाका युग्म होता है। बहुतसे ऐसे युग्मोंको शृङ्खलाबद्ध कर तापविद्युद्पुञ्ज बनता है जिससे हर एक युग्मका असर जुट जाता है। जोड़को काजलसे ढक देते हैं और विकिरणसामर्थ्य उसपर पड़ने देते हैं। इस तरह विकिरण सामर्थ्य नापी जाता सकती है।

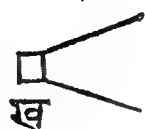
एक और यंत्र जिसे किरणमापक (बोलोमीटर) कहते हैं इस कामके लिये इस्तेमाल किया जाता है। इसका सिद्धान्त यह है कि गरम करने से बहुधा धातुओंके तार की विद्युत् वाधा बढ़ जाती है। वस अगर विकिरण सामर्थ्य तार पर पड़ती है तो उसकी वाधा बढ़ जाती है और इस वाधाको हम ह्वीट्स्टनके जाल से निकाल सकते हैं जिससे विकिरण सामर्थ्यका नाप मिल जाता है।

दान और आदान बल

कोई गरम वस्तु अगर रखी जाय तो गरमी विकिरण से इधर उधर चली जाती है। यह बहुतसी बातों पर निर्भर है जैसे (१) वस्तुके मतहके गुण और (२) उसके चारों ओरका तापक्रम। काजल से ढके हुये पदार्थ बहुत गरमी विकिरण और शोषण करते हैं। किसी पृष्ठका गनवत वस्तुपृष्ठ के १ वर्ग श. म. से १ सैकंड में दिये हुए ताप और उसी अवस्थामे पूर्णतः काली वस्तुके उतने ही क्षेत्र द्वारा शोषित तापका सम्बन्ध है। किसी वस्तुका दानबल आसानी से निकाल सकते हैं।

धातुका एक घन क है जिसमें गरम पानी भरा है। इसका

सामने का पृष्ठ
उन पदार्थों से
जिनका दान बल
निकालना है
ढांका जा सकता
है । ख एक



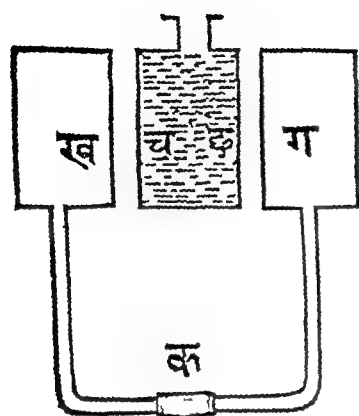
ताप विद्युत् युग्म

चित्र ५२

है जिससे दान-ताप नापा जा सकता है । ग एक दुहरी दीवार वाला धातुका परदा है जिसके बाहरी पृष्ठ काजलसे ढके हुये हैं और अन्दरके पृष्ठ बिल्कुल चिकने हैं । वस फम क को एक मर्तवा उस वस्तुसे जिसका दान बल निकालना है ढंक कर ताप विद्युत् युग्म पढ़ लेते हैं और दूसरी मर्तवा क को काजलसे ढंक देते हैं और उसको भी पढ़ लेते हैं । दोनों पढ़ाहियों के सम्बन्धसे दान बल ज्ञात हो जाता है ।

आदानबल की भी परिभाषा हम इसी तरह बना सकते हैं । किसी पृष्ठ का आदान बल उसके १ वर्ग श म क्षेत्र द्वारा १ सेकंडमें सोखे हुए ताप और पूर्णतः काली वस्तुके उतनेही क्षेत्र द्वारा उन्हीं अवस्थाओं में सोखे हुए ताप का सम्बन्ध है ।

ऊपर कहा जा चुका है कि जो वस्तु ज्यादा गर्मी विकिरण करते हैं वह ज्यादा गर्मी सोखते भी हैं, अब हम प्रयोग द्वारा यह सिद्ध करेंगे कि दानबल = आदानबल । यह रिटशी (Ritchie) के यंत्र द्वारा हो सकता है । क एक भेददर्शक वायु तापमापक है जिसके गोले धातुके बने हैं । पृष्ठ ख काजलसे ढका हुआ है और पृष्ठ ग सफेद चिकना है । इन दोनोंको बीचमें और बराबर दूरीपर एक धातु-घन जिसमें गरम पानी भरा हुआ है लाया जाता



चित्र ५३

अपने स्थान स नहीं खसकता, इस लिये ख और ग बराबर गरमी सोखता है ।

$$स \times ग = ज \times ग$$

$$\therefore स = ज$$

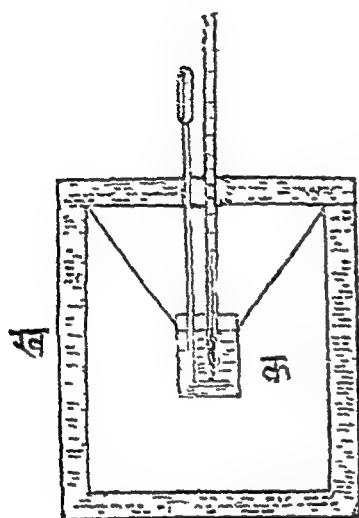
वस यह सिद्ध होगया कि दानबल = आदानबल

न्यूटन द्वारा निकाला हुआ वस्तुके ठंडे होनेका नियम

न्यूटन ने बहुत सी वस्तुओं को गरम किया और उनका ऐसी अवस्थाओं में अध्ययन किया कि वह सिर्फ विकिरणसे ठंडी हो । उसने देखा कि ये सब एक नियमका पालन करती हैं, वह यह है कि वस्तुके ठंडा होनेका वेग वस्तुके तापक्रम और वस्तुके वाहरके तापक्रमके अन्तर पर निर्भर है । अगर यह तापक्रमका अन्तर थोड़ा हो तो इसको सिद्ध करनेके लिये नीचे लिखे हुये प्रयोग किये जा सकते हैं ।

है । पृष्ठ च सफेद चिकना है और छ काजलसे ढंका हुआ है । अगर सफेद चिकनी धातुका दानबल ज और आदानबल स हो और अगर गरमी ग धातु घनसे पृष्ठ छ द्वारा निकलती है तो ग पृष्ठ स + ग गर्मी सोखलेता है । च से गरमी ज + ग निकलेगी और यह सब ख सोख लेगा, अब प्रयोग करनेसे यह मालूम होता है कि द्रवसूचक

प्रयोग २६—एक कलारीमापक में कुछ गरम पानी लो और



इसको एक पानीकी जाकट ख में रखो। ख में ठंडा पानी एक स्थिर तापक्रम पर रहता हो। क में एक तापमापक और मथनी भी है। हर एक मिनट पर क का तापक्रम पढ़लो और ठंडे होनेका एक वक्र खींचो। फिर इस वक्रकी सहायता से ठंडे होनेके वेगको एक अक्ष और तापक्रमके अन्तरको दूसरा अक्ष मान कर वक्र खींचो।

यह दूसरा वक्र एक सीधी लकीर के समान होगा जिससे मालूम होता है कि ठंडे होनेका वेग

तापक्रमके अन्तर के समानुपाती है, जैसा कि न्यूटनका नियम बतलाता है।

चित्र ५४

ठण्डे होनेके वेग से द्रवका आपेक्षिक ताप निकालना:—न्यूटन के नियमसे हम यह निकाल सकते हैं कि अगर दो द्रवों का पृष्ठक्षेत्र बराबर हो और उनका विकिरण-पृष्ठ विलकुल एकसा हो तो अगर वह दोनों एकसी अवस्थाओं में रखे जावें तो विकिरण द्वारा कम हुई गर्मी प्रति सैकण्ड दोनोंमें बराबर होती है। इससे हम द्रवों का आपेक्षिक ताप बहुत सरलता से निकाल सकते हैं। पहिले हम गरम पानीभर कर एक कलारीमापकके 35° से 30° तक ठंडे होनेका समय देख लेते हैं। फिर उसी कलारी-

मापक में पानीके वजाय द्रव उसी ऊँचाई तक भरते हैं और उसी हालत में 35° से 30° तक ठंडा होनेका समय देख लेते हैं। अगर पहिला समय s_1 , और दूसरा समय s_2 हो और कलारीमापक की मात्रा और आपेक्षिक ताप v और α हो और उस द्रवका v_1 , और α_1 हो और पानी की मात्रा v_2 हो तो ऊपर दिये हुये नियमसे

$$\frac{v_2 + v \alpha}{s_1} = \frac{v_1 \alpha_1 + v \alpha}{s_2}$$

वस उस द्रवका आपेक्षिक ताप s_1 निकाल सकते हैं।

विनिमय सिद्धान्त—स्टीफेनका नियम

अभी तक हम यह कह आये हैं कि गर्म वस्तु ठंडी वस्तुको गर्मी देती है, लेकिन कुछ विचार करने से यह सिद्ध हुआ है कि गरम वस्तु भी गरमी ठंडी वस्तुसे लेती है, और ठण्डी वस्तु भी गरमी देती है। गरम वस्तु ज्यादा गर्मी देती है और ठण्डी वस्तु कम। इस कारण ठण्डी वस्तु अगर गरम वस्तुसे थोड़ी दूरी पर रखी जाय तो उसको यह थोड़ी ही गरमी देगी परन्तु उससे ज्यादा गरमी लेगी। नतीजा यह होगा कि ठण्डी वस्तुका तापक्रम बढ़ जायेगा। इस नियमको पहले पहल प्रीवोस्ट (Prevost) ने बतलाया था।

स्टीफेन (Stefan) का नियम बतलाता है कि किसी भी काली वस्तुसे विकिरण उसके निरपेक्ष तापक्रमके चौथे घातका समानुपादी होता है। इस नियमसे भी हम न्यूटनका नियम निकाल सकते हैं। अगर किसी वस्तुका तापक्रम $(t_1 + t)$ हो और चारों तरफका तापक्रम t_2 हो और t एक छोटी संख्या हो तो स्टीफेनके नियमसे ठण्डे होनेका वेग

$= k [(t_1 + t)^2 - t_1^2]$ जहाँ k एक स्थिर संख्या है

$= k [t_1^2 (1 + \frac{t}{t_1})^2 - t_1^2]$

$= k [t_1^2 (1 + 2\frac{t}{t_1} - t_1^2)]$

$= 4k t t_1^2$

जो कि तापक्रम के अन्तर t के समानुपाती है ।

अभ्यासके लिये प्रश्न

१—गरमी किन तीन रीतियोंसे फैलती है ? प्रत्येकके उदाहरण दीजिये ।

२—चलन, वहन और विकिरणमें परस्पर क्या भेद है ? इनसे हम क्या लाभ उठा सकते वा उठाते हैं ?

३—सामुद्रिक वायुकी गति और दिशा क्यों बदलती रहती है ?

४—ताप चालकता किसे कहते हैं ? सल'के यन्त्रसे यह किस प्रकार निकाली जा सकती है ? रबर की चलन शक्ति किस प्रकार निकालोगे ?

५—विकिरण सामर्थ्य कैसे नाप सकते हैं ? ताप विशुद्ध पुञ्ज और किरणमापकका विवरण दो ।

६—यह कैसे सिद्ध किया जा सकता है कि दानबल = आदानबल ? इस सम्बन्ध में रिटशी का प्रयोग बताओ ।

७—न्यूटन ने वस्तुके ठण्डे होनेका क्या नियम निकाला है ? स्टीफेन के विनिमय सिद्धांतसे इसकी किस प्रकार सिद्धि हो सकती है ?

८—न्यूटनके नियमसे द्रवोंका आपेक्षिक ताप किस प्रकार निकाला जा सकता है ?

१५—वर्षा, ओस, तुषार



स धरती पर बराबर पल पल पर हज़ारों मन जल भाप बन जाती है। यह सब भाप हवामें मिली रहती है। हवा जितनी ही गरम होती है उतनी ही अधिक भाप उसमें समाती है। भापसे मिली हुई हवा साधारण वायुसे हलकी होती है। और धरती गरम हुई तो यह भापसे मिली हुई

हवा और भी ऊपर चढ़ती है। ज्यों ज्यों ऊपर जाती है इसके ऊपरसे ऊपरी हवाका दबाव घटता जाता है और यह और भी फैलती जाती है। पर हमने अभी कहा है कि फैलनेमें गरमी खर्च हो जाती है, इसलिये यह भाप मिली हुई हवा ठण्डी पड़ जाती है। आकाशमें इस ऊंचाईपर आपही कड़ी ठण्डक है। भाप जमकर कुहरा या बादलके रूपमें दिखाई देती है। पानीके नन्हे नन्हे कण गूँज जाते हैं, इन्हे ही बादल कहते हैं। जब बादल और ठण्डी जगह पहुँचते हैं तो यही नन्हे नन्हे कण एक दूसरेसे मिल कर भारी बूँदें हो धरती पर बरस जाते हैं।

जब रातको आकाश निर्मल रहता है, धरती दिनभरकी सोखी हुई गरमीको आकाशमें फैलानेमें चारों ओर बिखेर देती है, विकिरण करती है, इससे बहुत ठण्डी हो जाती है और पासकी हवाकी तहें भी ठण्डी पड़ जाती हैं। हवामें मिली हुई भाप भी ठण्डकसे जम जाती है। जब वायु ०° श या इससे भी अधिक शीतल हो जाती है तो तुषार पड़ता है और पृथ्वीतलका भी ताप-

क्रम 0° श हो तो हिम वा बरफ जम जाती है और हलके उजले रुईके गाले सरीखे धरती पर गिरते हैं। सूक्ष्मदर्शक यंत्रसे देखने पर यही नन्हे हिमके कण भांति भांतिके छकोने चित्रसे दिखाई देते हैं। इसी कारण कभी कभी पत्थर भी पड़ जाते हैं।

ऊपर कहो हुई बातोंसे यह मालूम होगया कि वर्षाका होना और ओसका पड़ना वायुमें मिली हुई भापपर निर्भर है। इसलिये वायुमें मिली हुई भापकी मात्राको मालूम करना बड़ी महत्वकी बात है।

प्रयोग २७—एक सरल विधि यह है। एक ऐसा पदार्थ जैसे खटिक हरिद, जो पानीको या भापको सोख ले, तिलक नलीमें रखकर नलीको तोल लो। इस नलीमेंसे वायुका एक नियत आयतन किसी यंत्र द्वारा खींचो। जो वायु नलीके दूसरे सिरेसे निकलेगी भाप शून्य हो जावेगी। इस क्रियाके पीछे नली की तौलमें जो अधिकता हुई उससे यह मालूम हो गया कि वायु के इतने घन मीटरमें इतने ग्राम भाप मिली है।

केवल इतना ही जाननेसे कि प्रति घनमीटरमें इतने ग्राम भाप मौजूद है यह नहीं कहा जा सकता है कि अब वर्षा होगी अथवा ओस पड़ेगी। हमको यह जानना चाहिये कि जिस तापक्रमपर हमने भापकी मात्रा निकाली है उस तापक्रमपर वायु-मण्डलकी वायुमें प्रति घनमीटर अधिकसे अधिक कितनी भाप रह सकती है। तापक्रम जितना अधिक होगा अर्थात् वायु जितनी ही अधिक गरम होगी उतनी ही अधिक भाप वायु-मण्डलमें रह सकेगी।

मान लीजिए कि प्रयोगके समय वायुका तापक्रम 12° श

है। इस तापक्रमपर एक घनमीटर वायुमें जितनी अधिकसे अधिक भाप रह सकती है उसको औसत १७ ग्रामके लगभग होगी। यदि १७ ग्राम प्रति घनमीटर भाप मौजूद है तो कहेंगे कि इस समय वायुमण्डल संपृक्त है। यदि ज़रा भी तापक्रम घटेगा तो वायु में १७ ग्राम प्रति घनमीटर भाप नहीं रह सकेगी इसलिए कुछ भाप ओस या जलकी बूंदोंके रूपमें पृथ्वीपर गिरेगी। जब किसी समय किसी नियम तापक्रमपर वायुमें जितनी अधिक से अधिक भाप समा सकती है मौजूद हो तो वायुको सम्पृक्त वायु कहते हैं ?

यदि ऊपर दी हुई विधिसे हम मात्सूम करें कि वायुमें 20° श के तापक्रमपर प्रति घनमीटर १७ ग्राम भाप मिली हुई है तो वर्षा निश्चय है। वास्तवमें उस तापक्रमपर घनघोर घटा होते हुए भी १७ ग्रामसे कम ही, १६ या १६ $\frac{१}{२}$ ग्राम भाप प्रति घनमीटर वायुमें मिलेगी। ऐसी अवस्थामें ज़रा भी तापक्रम घटनेसे तुरन्त वायु सम्पृक्तअवस्थाको पहुँच जातो है और वर्षा होने लगती है। यदि परीक्षासे पता चले कि प्रति घनमीटर वायुमें केवल ९ ग्राम भाप है तो वर्षा नहीं हो सकती किन्तु रातको ओस पड़नेकी सम्भावना है। क्योंकि यदि दिन को तापक्रम 20° श हो तो रातको 10° श तक पहुँच जाता है, और 10° श पर प्रति घनमीटर वायु ९ ग्राम भापसे अधिक नहीं रख सकती है। इस हालतमें 10° को ओसांक कहते हैं। यह तापक्रम है जहाँ तक दी हुई गैसको ठण्डा करनेसे उसमें मिली भाप जमना शुरू हो जावेगी। यदि भापकी मात्रा और भी कम मिले और रातको तापक्रम इतना कम न हो कि यह मात्रा वायुको सम्पृक्त अवस्थाको पहुँचा सके तो ओस भी नहीं पड़ सकती।

जो हिसाब ऊपर दिया गया है उसमें बड़ी नाप तोलकी आवश्यकता है। इससे भी सरल विधियां हैं जिनमें नाप तेल कम करनी पड़ती है। एकका यहां वर्णन करते हैं।

प्रत्येक तापक्रमपर सम्पृक्त वायुमें भापका जितना दबाव होता है निकाल लिया गया है। यह दबाव इस सूचीमें दिये हुए हैं—

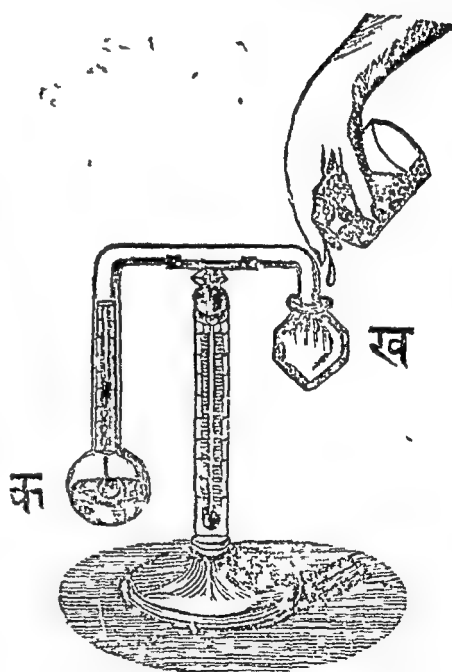
सम्पृक्त वायुमें भापका दबाव

तापक्रम	दबाव सहस्रांश मीटरोंमें	तापक्रम	दबाव सहस्रांश मीटरोंमें	तापक्रम	दबाव सहस्रांश मीटरोंमें	तापक्रम	दबाव सहस्रांश मीटरोंमें
०	४.६०	१२	१०.४६	२४	२२.१८	४०	५४.९०
१	४.९४	१३	११.३६	२५	२३.५५	४५	७१.३९
२	५.३०	१४	११.९०	२६	२५.००	५०	९१.९८
३	५.६९	१५	१२.७०	२७	२६.५०	५५	११७.४८
४	६.१०	१६	१३.६४	२८	२८.१०	६०	१४८.८०
५	६.५३	१७	१४.४२	२९	२९.७८	६५	१८६.९५
६	७.००	१८	१५.३६	३०	३१.५५	७०	२३३.१
७	७.५०	१९	१६.३५	३१	३३.४०	७५	३८८.५१
८	८.०३	२०	१७.४०	३२	३५.३६	८०	३५४.६४
९	८.५८	२१	१८.५०	३३	३७.४१	८५	४३३.४१
१०	९.१७	२२	१९.६६	३४	३९.५६	९०	५२५.४५
११	९.८०	२३	२२.८९	३५	४१.८३	९५	६३३.७८
						१००	७६०.००

किसी तापक्रमपर वायुमें भापका दबाव इतना ही हो जितना इस सूचीमें दिया हुआ है तो वायुको ससृक्त वायु कहना चाहिये। अब प्रश्न केवल इतना हो रह गया कि किसी समय वायुमें भापका दबाव कितना है। यह भापमापक यंत्र द्वारा इसी सूचीकी सहायतासे निकाल लिया जाता है।

प्रयोग २८—क और ख (चित्र ५५) दो बल्ब हैं जो एक नली द्वारा जुड़े हुए हैं। बल्बोको बन्द करनेके पहले क में एक तापमापक रखकर ईथर को उबालकर हवा बिलकुल निकाल दी गई है। इन बल्बोंमें ईथर और उसको भापके अतिरिक्त कुछभी नहीं है। इस यंत्र को क्लेदमापक कहते हैं।

ख पर एक कपड़ा लपेट कर ईथर डाला जाता है। कपड़ा होनेके कारण ईथर इस पर ठहरता और भाप बनकर हवामे उड़ता जाता है। ख ठण्डा हो जाता है जिससे उसके अन्दरकी भाप जम जाती है। क के भीतरका ईथर और भाप देता जाता है जिससे यह ईथर और क ठण्डे हो जाते हैं। क के ईथरका तापक्रम उसके भीतर रखे हुए तापमापकसे माळूम हो जाता है। थोड़ी



डेनियलका क्लेदमापक

चित्र ५५

देर तक ख पर ईथर डालनेसे क इतना ठण्डा होजाता है कि उस पर ओस पड़ जाती है। जैसे ओस आती है ख पर ईथर डालना वन्द करके क के तापमापकसे तापक्रम पढ़ लिया जाता है। ख पर ईथर डालना वन्द करनेसे क गरम होने लगता है और ओस लुप्त हो जाती है। क के तापमापकसे फिर तापक्रम पढ़ लिया जाता है। दोनों तापक्रमोंकी औसत वह तापक्रम है जिसपर ओस बनी थी। इस तापक्रमको ओसांक कहते हैं।

चूँकि वायुकी भापसे उस समय तक ओस नहीं जम सकती थी जब तक वायु सम्पृक्त अवस्थामे न हो, इससे यह नतीजा निकला कि वायुमे जितनी भाप समाई थी वह ओसांक पर हवाको सम्पृक्त कर सकती थी। सूची देखकर ओसांक पर भापका दबाव मालूमकर लिया जाता है। यही प्रयोगके समय वायुकी भापका दबाव हुआ।

अब हमको दोनों बातें मालूम हो गयी—जितनी भाप हवामे थी उसका दबाव और जितनी अधिकसे अधिक भाप हवामे प्रयोगके समय वाले तापक्रमपर रह सकती है उसका दबाव। यह मालूम होगया कि वायुकी वर्तमान अवस्था और सम्पृक्त अवस्था मे क्या भेद है। प्रयोगके समय उस समयके तापक्रमपर वायुमे समाई हुई भापके दबाव और उसी तापक्रमपर सम्पृक्त वायुकी भापके दबावमे जो निष्पत्ति है उसे वायुकी आपेक्षिक आर्द्र अवस्था या कभी कभी साधारण बोल चालमे सक्षेप रूपसे वायुको अवस्था कहते हैं। किसी समय वायुमण्डल सम्पृक्त है तो उसकी आपेक्षिक आर्द्र अवस्था १ हुई।

ओसांक वाले भापके दबावको सम्पृक्त वायुकी भापके दबाव से भाग देनेसे जो संख्या मिलती है, आपेक्षिक आर्द्र अवस्था

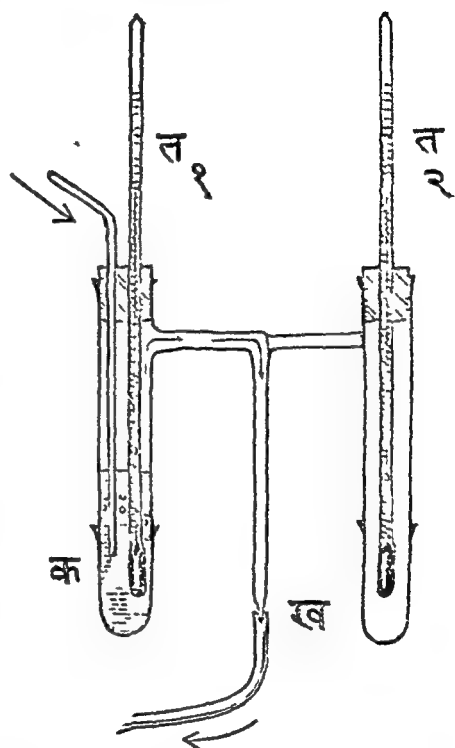
हुई। ये संख्याएं सदा एकसे कम होती हैं, क्योंकि सम्पृक्त अवस्था में वायु में अधिक भाप होती है। इसलिये सम्पृक्त वायु की आर्द्र अवस्था को इकाई न मानकर १०० मान लेते हैं और किसी समय की आपेक्षिक आर्द्र अवस्था वाले अंश को १०० से गुणा करके प्रतिशत आपेक्षिक आर्द्र अवस्था निकाल लेते हैं। दैनिक समाचार पत्रों में प्रतिदिन वायुमण्डल की प्रतिशत आपेक्षिक आर्द्र अवस्था दी जाती है, जिसे समाचारपत्र वाले वायुमण्डल की अवस्था कहते हैं।

उदाहरण—एक दिन वायु का तापक्रम २०° श था और ओसांक १५° श मिला। सूची के अनुसार २०° श पर भापका दबाव १७.४ और १५° श पर १२.७ सहस्रांश मीटर है। इस दिन वायु की आपेक्षिक आर्द्रता = $\frac{12.7}{17.4} \times 100 = 72.9$ प्रति सैकड़ा।

डेनियल का क्लेद-मापक से जो ऊपर बतलाया गया है ठीक ठीक ओसांक नहीं निकलता, गलती की बहुत सम्भावना है क्योंकि क्लेद-मापक के द्रव के पृष्ठ पर भाप बनती है और ताप-मापक द्रव के अन्दर का तापक्रम देता है और द्रव द्वारा नहीं जाता, इसलिए पृष्ठ का तापक्रम अन्दर के तापक्रम से भिन्न रह सकता है। (२) शीशा कुचालक है, इस कारण द्रव का तापक्रम बाहर हवा के तापक्रम से भिन्न होगा (३) बहुत जल्दी ठंडा होता है और इसको हम काबू नहीं कर सकते (४) ईथर (ज्वलक) जो ख से हवामें भाप बन कर आजाता है वह ओसांक को बदल सकता है। इन सब बातों को दूर करने के लिये रेनो (Regnault) या डीन (Dine) का क्लेद-मापक इस्तेमाल किया जाता है।

रेनोका ल्हेदमापक

यह चित्र ५६ में दिख-
लाया गया है। क एक पर-
ख नली है जिसके निचले
भाग की जगह चांदी का एक
सिरा लगा दिया गया है।
उसमें ईथर रखा हुआ है।
एक हवाकससे इस ईथर-
मेंसे हवा होकर बाहर
निकलती है। ईथर भाप
बन कर उड़ने लगता है
और क का तापक्रम कम
होने लगता है यहां तक
कि चांदी पर ओस जम
जाती है। उसी समय
ईथर का तापक्रम ताप-
मापकसे पढ़ लिया जाता
है। हवाका बहाना बन्द



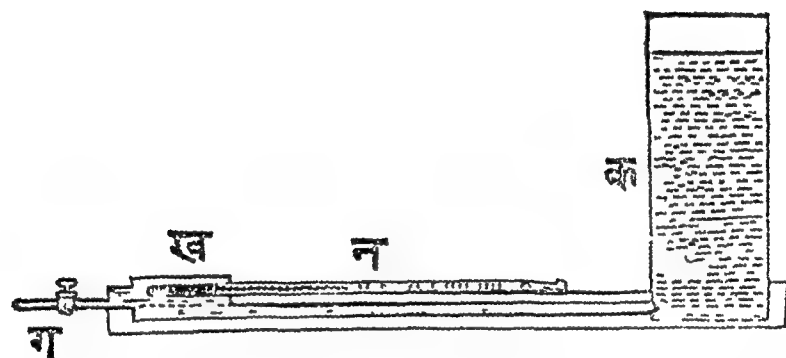
चित्र ५६

कर दिया जाता है और फिर जब ओस लुप्त हो जाती है तो ताप-
क्रम देख लेते हैं। इन दोनों तापक्रमोंका औसत लेते हैं। दूसरी
परख नली ख सिर्फ तुलनाके लिये है ताकि साफ मालूम होजाय कि
अब ओस जम गई। उसके अन्दरका तापमापक हवाका तापक्रम
देता है। यह यंत्र ऊपर दिये हुये यंत्रसे अच्छा है, क्योंकि (१)
द्रव अच्छी तरह टरता रहता है, इसलिये तापमापक द्रवका ठीक

ठीक तापक्रम देता है (२) चांदी सुचालक है, इसलिये द्रवका तापक्रम बाहरके हवाके तापक्रमके ही बराबर रहता है, (३) ठंडे होनेका वेग क्राबूमें किया जा सकता है, (४) ओसका जमना दूरबीनसे देखा जाता है।

डाइनका क्लेदसापक

यह चित्र ५७ मे दिखलाया गया है। यह बहुत सरल है।

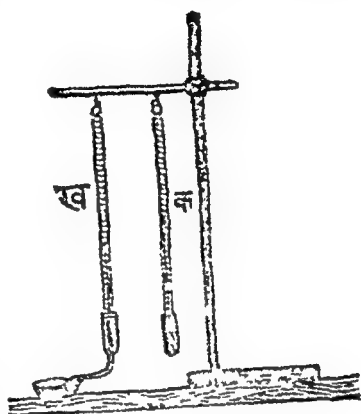


चित्र ५७

एक बरतन क मे बरफसे ठंडा किया हुआ पानी भर देते हैं और इस पानीको ग नली द्वारा बहने देते हैं। ख एक ऐसा बर्तन है जो दो भागमे बंटा हुआ है, निचले भागसे ठंडा पानी बहता है। इसके कारण ऊपरके भागका पानी भी ठंडा होने लगता है। यहाँ तक ख के ऊपर ओस जम जाती है। तापसापक न को उस समय पढ़ लेंगे हैं, यह ही ओस तापक्रम या ओसांक हुआ।

नम और शुष्क बल्ब छेदमापक

ओसांकसे छेद निकालनेके लिये एक और बहुत साधारण यंत्र है जिसे नम और शुष्क बल्ब छेदमापक कहते हैं। दो तापमापक क, ख पास पास लटकाये हुए हैं। ख के बल्बके चारों ओर पानीमें भिगोया हुआ मलमलका कपड़ा लपेट दिया जाता है, और इस कपड़ेका निचला भाग एक वर्तनमें जिसमें पानी रखा हुआ है, डूबा हुआ है। अगर हवा सूखी है तो मलमलका पानी भाप बन कर



चित्र ५८

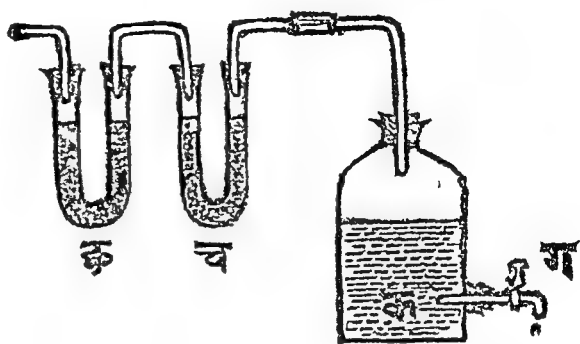
उड़ने लगेगा जिसके कारण ख का बल्ब ठण्डा हो जायगा और ख का तापक्रम क से कम होगा। क और ख के तापक्रमका अंतर हवाकी छेदता पर निर्भर है। ऊपर दिये हुये यंत्रों द्वारा हम निकाल सकते हैं कि नियत दशामें भिन्न भिन्न छेदों पर क, ख के तापक्रममें कितना अन्तर है। फिर गढ़े हुए समीकरण बना लिये जाते हैं जिनके द्वारा क, ख के तापक्रमका अन्तर जाननेसे ही छेद और ओसांक निकाल सकते हैं।

रासायनिक छेदमापक

इस यंत्र से छेद बहुत ठीक ठीक निकाल सकते हैं परन्तु मामूली कामोंके लिये ऊपर दिये हुए यंत्रसेही काम चल जाता है। क में पानी भरा हुआ है। जब यह पानी ग से बाहर निकाला

जाता है तो हवा च, छ नलियोंसे होकर क में भर जाती है। च,

छ में खटिक हरिद भरा हुआ है। यह हवाकी सब भापको सोख लेता है। इसकी मात्रामे जो अधिकता हो जाय वह हवामे भापका बोझ हुआ। फिर उतनाही आयतन हवाका पानी मे से होकर च, छ मे



चित्र ५९

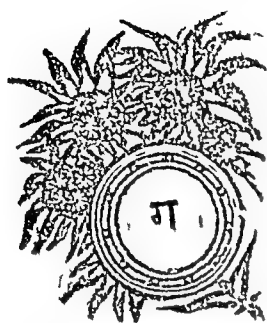
जाता है। इस बार मात्रामे जो अधिकता हुई वह सम्पृक्त हवामे भापकी मात्रा हुई।

$$\text{क्षेद} = \frac{\text{पहली अधिकता}}{\text{दूसरी अधिकता}}$$

अभ्यासकेलिए प्रश्न

- १—वर्षा, ओस और तुषारके क्या कारण है ?
- २—ओसाक किसे कहते हैं ? रेनो और डाइन का क्लेदमापक किन कामों में आता है ?
- ३—ओसाककी सहायतासे वायुकी आपेक्षिक आर्द्रता कैसे निकालते हैं ?
- ४—रासायनिक क्लेदमापक का वर्णन करो ।
- ५—नम और शुष्क बल्ब क्लेदमापक का विवरण दो ।

१६—गरमी क्या है ?



रमी अनेक रूपोंमें मिलती है । पृथ्वी-पर सारी गरमी सूरजसे आती है । लकड़ी कोयला आदि जलाकर भी गरमी पैदा की जाती है । रगड़नेसे भी गरमी पैदा होती है, ठण्डा हाथ रगड़नेसे गरम हो जाता है । दो लकड़ियां रगड़कर अगले लोग आग बनाते थे । किसी धातुको

पत्थरपर तेज रगड़कर इतना गरम कर सकते हैं कि अँगुलियाँ छू न सकें । लोहार लोहेको हथोड़ेसे पीट पीटकर इतनी अधिक गरमी पहुँचा देता है कि लोहा बहुत गरम हो जाता है । संगतराश पत्थरपर छेनी लगाता है तो आगकी चिनगारी उड़ती है । दोड़ते हुए घोड़ोंकी नालसे चिनगारियां निकलती रातको दीखती हैं । चलती रेलके पहियेमें ब्रेक लगानेसे गले हुए लोहेकी चिनगारियां उड़ने लगती हैं । बरीके चूनेपर पानी डालनेसे भी गरमी पैदा होती है । ज्वालामुखी पर्वतसे पिघले हुए पत्थर और अँगारे निकलते हैं । पृथ्वीके गर्भमें बड़ी प्रचंड ज्वाला है । हिमालयमें अनेक जगह तप्त जलके कुंड हैं । पृथ्वीपर अनेक देशोंमें गरम जलके फौवारे निकलते रहते हैं ।

जब कोई पदार्थ एक स्थानसे दूसरे स्थानको रुकावटके होते हुए हटाया जाय, तो काम होता है । कामकी वैज्ञानिक परिभाषा यही है । किसी पिंड वा किसी समुदायमें काम करनेकी जितनी समाई होती है उसे सामर्थ्य कहते हैं । गरमीमें भी फैलानेका गुण है, जिस पिंडमें गरमी है उसमें फैलाने अथवा काम करनेकी समाई है

इसलिये सामर्थ्य है। इसीलिए कहते हैं कि गरमी भी सामर्थ्य का एक रूप है।

हम यह भी देख चुके कि गरमीसे सभी पदार्थोंका आयतन बढ़ जाता है और जब एक हदतक आयतन बढ़ लेता है तो अवस्था भी बदलने लगती है, ठोस गल गलकर द्रव होने लगता है, द्रव उड़ उड़कर भाप हो जाता है। भापकी दशामे भी अधिकाधिक गरमी पहुंचायी जाय तो उसके आयतनमे प्रसार होता जाता है। कोई कोई भाप या गैस अत्यन्त आँच पाकर द्रिन्न भिन्न हो जाते हैं, अपनी प्रकृति बदल लेते हैं। निदान, गरमी काम करती है, काम सामर्थ्यसे होता है इसलिये गरमी सामर्थ्यका एक रूप है।

गरमी सब पदार्थोंको फैला देती है इस वाक्यका वान्तविक अर्थ क्या है ?

जिस तरह हिन्दू शास्त्रोंमे परमाणुवाद है, उसी तरह विज्ञानमे भी परमाणुवाद है। परमाणुवाद एक बहुत बड़ा और कठिन विषय है परन्तु यहाँ उसकी मोटी मोटी बातें बिना बताये इस प्रश्नका उत्तर समझने नहीं आ सकता।

जिसारमे जितने भारवान् पदार्थ हैं, हलकीसे हलकी हवामे लेकर भारी द्रव वा ठोस पदार्थोंतक, सब ही अत्यन्त छोटी छोटी रेणुकाओंमे बने हैं। यह रेणुकाएँ इतनी छोटी हैं कि किसी बंत्रमे देखी नहीं जा सकती। जब कभी सूर्यकी किरणों किसी छोटे या पतले छेदमे होकर धीरे धीरे कमरेकी भीत वा भूमिपर पड़ती हैं तो प्रसारकी एक लकीर वा चादर ली बन जाती है जिसमे अत्यन्त छोटे छोटे रेणु दबाने उड़ने दीगये हैं। यह

रेणु अपनी छुटाई के कारण और किसी तरह पर दीख नहीं पड़ते। इन्हें, त्रसरेणु कहते हैं। परन्तु जिन रेणुकाओंके यह त्रसरेणु बने हैं, वह रेणुका जैसा हम ऊपर कह आये, उत्तमसे उत्तम सूक्ष्मदर्शक यंत्रसे भी नहीं दीख सकती। इन अत्यन्त नन्ही रेणुकाओंको अणु कहते हैं।

जितने पदार्थ हैं सब इन्हीं अणुओंके बने हुए हैं। बरफ हो, पानी हो या भाप हो सब ही एक जल + अणु = जलाणुके समूह हैं। गंधक क्लमी हो, गला हुआ हो, भाप हो गया हो परन्तु प्रत्येक गन्धकाणुकाही समूह है। देखनेमें बरफ, पानी, भाप के रूपमें बड़ा अन्तर मालूम होता है, परन्तु यह अन्तर जलके अणुओंके रूप बदलनेसे नहीं हुआ।

जलाणुओंमें कोई विकार उत्पन्न नहीं हुआ, वह ज्यों के त्यों हैं तो स्थूल रूपमें विकार या अन्तर क्यों दीखता है ?

इसका कारण यह है कि ठोस या द्रव पदार्थों में यद्यपि देखनेमें अपनी अत्यन्त सूक्ष्मताके कारण सब अणु सटे हुए मालूम होते हैं तथापि इनमें हर एक अणु दूसरेसे अलग है, और अलग ही नहीं बल्कि बराबर हिल रहा है, काँप रहा है और काँपता भी है तो अत्यन्त वेगसे। इतने वेगसे हिलते हुए भी एक नियत सीमाके भीतर ही उसका हिलना जारी रहता है। दो अणुओंके बीच इस तरह कुछ जगह खाली रहती है, परन्तु इसी खाली जगहको अत्यन्त सूक्ष्मताके कारण किसी यंत्र द्वारा भी नहीं देख सकते। इस खाली जगहको मध्यदेश कहना चाहिये।

जब किसी पदार्थको गरमी पहुँचायी जाती है तो अणु कुछ अधिक लम्बा कम्पन करते हैं। इस कारण मध्यदेश बढ़ जाते हैं। इससे ही पदार्थोंका फैलना देखनेमें आता है। अधिक गरमी

गरमी क्या है

देनेसे यह मध्यदेश अधिक बढ़ते हैं, इसी तरह बढ़ते बढ़ते द्रव की दशा हो जाती है। मध्यदेश इतना बढ़ जाता है कि पदार्थ ठोस और स्वावलम्बी होनेके बदले फैलकर बरतनके आधारपर रहता है और उसके अणु बरतनको भीतसे टकराते हैं और हवासे टकराते और उससे मिलते भी जाते हैं। द्रव होने पर भी जब अत्यंत गरमी पहुंचायी जाती है, मध्यदेश बहुत बढ़ जाता है जिससे अणुओंका समूह अर्थात् पदार्थ अदृश्य हो जाता है परन्तु जिससे अणुओंके हिलने कांपनेका विस्तार बढ़ जाता है, अणु दसों दिशाओंमें अधिक वेगसे चलने और बरतनसे टकराने लगते हैं।

ऐसी दशामें अधिकाधिक गरमीसे अधिकाधिक फैलाव होता है, यहां तक कि अत्यन्त तापसे अणुतक छिन्न भिन्न हो जाते हैं और पदार्थ बदल जाता है। इस दशामें गरमीने अणुओंको उनकी स्वतन्त्र गति होते हुए भी बराबर हटाया, उसने काम किया।

हम ऊपर कह आये हैं कि पृथ्वीकी सारी गरमी सूर्यसे आती है और आती रहती है। आँचके पास खड़े होनेसे जैसे गरमी हमारे पास आती है, सूर्यसे भी उसी तरह आती है। सारे विश्वमें एक अत्यन्त सूक्ष्म तत्व फैला हुआ है जो भीतर बाहर सबमें प्रविष्ट है। इसे आकाशतन्त्र कहते हैं।

आकाशतन्त्रमें सूर्यके तापके कारण अनेक परिमाणकी लहरें उठती हैं। इनमें कुछ लहरें जो हमारी आँख पर असर डालती हैं प्रकाशकी लहरें कहो जाती हैं। इससे यह अभिप्राय नहीं है कि प्रकाशकी लहरोंमें कुछ गरमी होती ही नहीं। वास्तवमें ऐसे यंत्र हैं जिनसे इन लहरोंको भी गरमी मालूम करली जाती है।

प्रकाश और तापकी लहरोंमें केवल परिमाणका ही भेद है जो लहरें हमारी आँखोंको चेता देती है प्रकाशकी लहरे कहलाता है । उन लहरोंसे जिन्हे हम तापकी लहरें कहते हैं प्रकाशकी लहरे छोटी होती हैं । जो लहरें प्रकाशकी लहरोंसे भी छोटी होती हैं उन्हें हम फोटोग्राफीके प्लेट द्वारा जान सकते हैं ।

जैसे २ लहरे छोटी होती है उनके गुण भी विचित्र होते जाते हैं । इन विचित्र गुणोंका वर्णन और ग्रन्थोंमें मिलेगा । यहाँ हमको केवल इतना ही कहना है कि यह लहरें परमाणु और अणुओंके कम्पनसे निकलती है । इसलिये गरमीकी उत्पत्ति इन अणु परमाणुओंके कम्पनसेही है । कम्पनका लम्बापन बड़ा हुआ तो वस्तु बड़ी गरम और यदि छोटा हुआ तो वस्तु ठण्डा है । वस्तु इतनी भी ठण्डा की जा सकती है कि इन अणु और परमाणुओंका कम्पन बिल्कुल बन्द हो जाय । जिस तापक्रमपर ऐसा हो उसको वास्तविक शून्यका तापक्रम कहा है क्योंकि इससे नीचा तापक्रम अथवा इससे अधिक ठण्ड ध्यानमें भी नहीं आ सकती ।

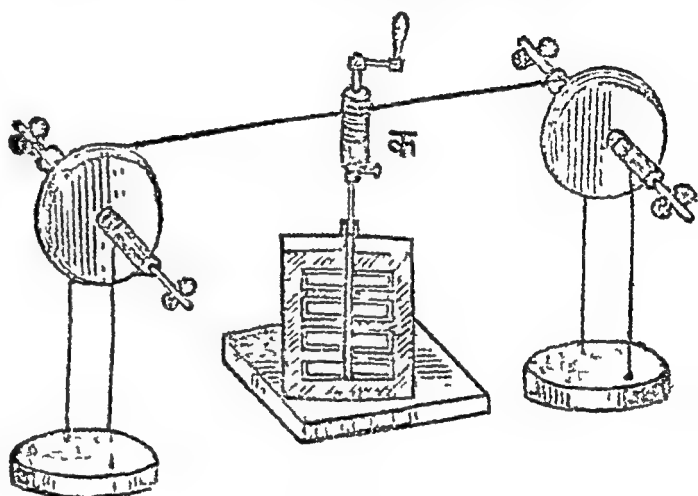
ऊपर बतलाया गया है कि गर्मी सिर्फ अणुओंके चलने फिरने से सम्बन्ध रखती है, गोया गर्मी सामर्थ्यका एक रूप है । इस बातको सिद्ध करनेके लिये अब कुछ प्रयोग बतलाये जायेंगे । पहले पहिल काउण्ट रमफर्डने कहा कि गर्मी सिर्फ गति का एक रूप है । सन् १८४० ई० के लगभग जूल (Joule) ने इस बातको बिल्कुल सिद्ध कर दिया है । उन्होंने यह भी निकाल लिया कि एक कलारी गरमी कितने कामके बराबर होती है । अगर हम क अर्ग काम करे जोकि सब गरमी पैदा करनेमें लग जाय और अ कलारी गरमी पैदा करे तो $k = a \times j$

ज को तापका यान्त्रिक तुल्याक कहते हैं । इस सम्बन्धको ताप गति विज्ञानका प्रथम सिद्धान्त कहते हैं ।

जूलका प्रयोग

जूलने बहुतसे प्रयोग किये । उनका पहलेका यत्र चित्र ६० में

दिखाया जाता है । क एक चकरी (गिरी वा गड़ारी) है जिसपर एक रस्सी लपेटी हुई है । रस्सी के दोनों सिरे चकरी परसे होकर बोझमे बांध दिये गये



चित्र ६०

हैं । चकरीसे लगी हुई कई पखों की डांडी है । यह एक ऐसे बरतनमे जिसमे भी पख हैं पानी को मथती है । वाट जमीनपर गिरते हैं जिनके कारण चकरी घूमती है और पानीको मथती है । वाट जब पृथ्वी तक पहुँच जाते हैं तो फिर चकरी घुमाकर वाट पहिली ऊँचाई पर लाये जाते हैं और ऐसा बार बार किया जाता है । अगर हर वाटका भार म ग हो और द दफा भार अ ऊँचाईसे गिरा हो तो वाटने कुल काम २ दमगत्र किया और यह = जबत अगर व कलारीमापक और उनके अन्दरकी चीजोका जलतुल्यांक हो और उसके तापक्रममे अधिकता त हो ।

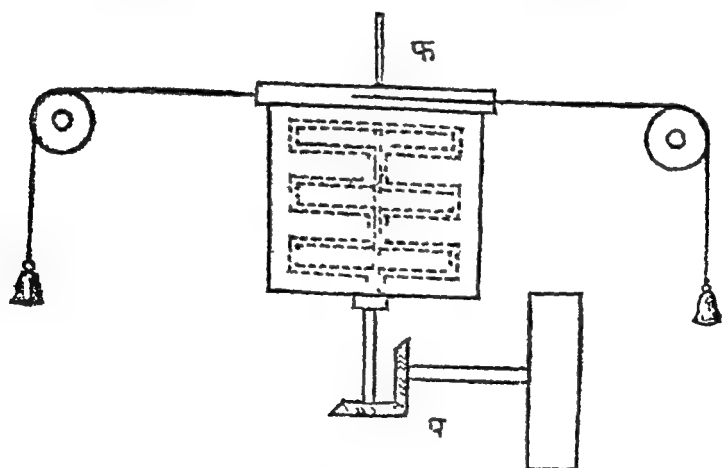
$$ज = \frac{२ द म ग अ}{व त}$$

ठीक नतीजा निकालनेके लिये बहुतसे शोधनोकी आवश्यकता है। अगर बाटका वेग जमीनके पास प हो और रगड़ म, ग अर्ग हो तो काम

$$= [२ द (म ग अ - \frac{१}{२} म प^२) - द म, ग अ] अर्ग$$

रोलैण्डका प्रयोग

जूलके प्रयोगमे तापक्रम बहुत धीरे धीरे बढ़ता है। रोलैण्ड



चित्र ६१

ने ऐसा यंत्र निकाला जिसमे तापक्रम जल्दी जल्दी बढ़े, जिसके कारण प्रयोगका नतीजा बहुत ठीक निकलता है। इसमे पख एक मोटरसे बहुत तेजीके साथ घुमाये जाते हैं, जिससे काम बहुत

ज्यादा होता है और इसलिये तापक्रम बहुत जल्दी जल्दी बढ़ता है। रोलैण्डके प्रयोगमें तापक्रम फी घण्टे 80° श बढ़ता था। प एक पहिया है जो मोटरसे घुमाया जाता है। इससे पर घूमते हैं। रगड़की वजहसे बाहरका वरतन भी घूमनेकी कोशिश करता है परन्तु यह एक ढंडेसे जुड़ा हुआ है जिसपर एक पहिया फ लगा है। फ के चारों ओर एक रस्ती लपेटकर उसके दोनों सिरोंसे दो वाट जिनका भार म ग है लटका दिये गये हैं। जब मोटर चलने लगता है तो वाटको ऐसे अन्दाजेसे रखते हैं कि वाट सदा स्थिर रहे, न ऊपर आवे और न नीचे। वस रगड़युग्म जो पानी बाहरी वरतन पर लगाता है वह बराबर है म ग द, अगर फ का व्यास द हो। अगर मोटर च चक्कर फी सेकंड लगावे तो घर्षण युग्मने जो काम किया वह = युग्म \times ऐंठनका कोण

$$= म ग द \times २ \pi च$$

और अगर पूरे वरतनका जल तुल्यांक व और फी सेकंड तापक्रम की अधिकता त हो तो

$$म ग द \times २ \pi च = ज. व. त$$

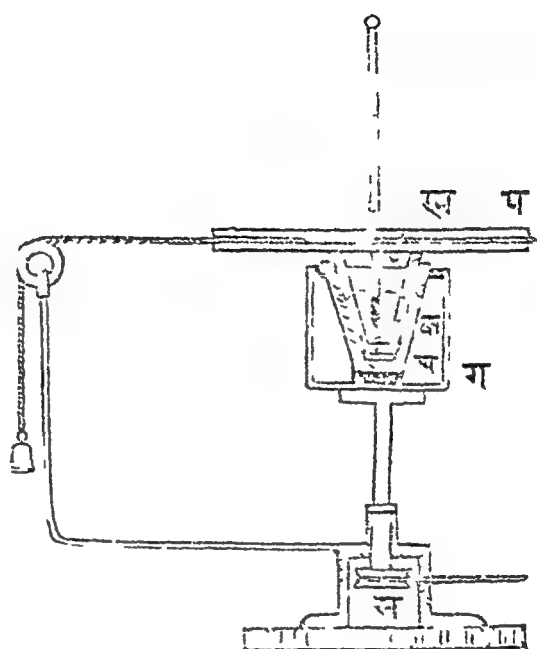
इससे ज निकाला जा सकता है।

प्रयोगशालामें प्रचलित ज निकालनेकी विधि

ज के निकालनेका एक साधारण यंत्र है जिसे हम आसानी से उस्तेमाल कर सकते हैं। क एक पीतलका शंकु है जोकि एक धातु के वर्तन ग से जोड़कर रखा हुआ है। काली चीज जो क और ग से बीचमें है इन्वोनाइट है। यह कुचालक है इसलिये गरमी बाहर नहीं जाती। क के अन्दर पीतलका एक दूसरा शंकु रखा हुआ है जो उसमें अन्दरी तरह बैठ जाता है। ख एक पहिया

प में अड़ा हुआ है। पहियेके चारों ओर एक रस्सी लपेट दी हुई है

जिससे एक वाट लटकता है। मोटरसे मचकरी को घुमाते हैं जिससे क घूमता है। रगड़ के कारण ख भी घूमना चाहता है। उसपर एक युग्म लग जाता है लेकिन ठीक भारके लटकाने से ख या प का घूमना बन्द हो जाता है और बोझ हर समय



चित्र ६२

एक ऊँचाई पर बना रहता है। इस दशामे रगड़ युग्म = बोझ द्वारा लगा हुआ युग्म। ख में पानी रखते हैं। रगड़से जो काम हुआ उससे पानी गरम हो जाता है फिर ऊपर दिये हुए समीकरणसे ज निकाल सकते हैं।

दो आपेक्षिक तापोंसे ज निकालना

पहले बतलाया जा चुका है कि गैसके दो आपेक्षिक ताप होते हैं, एक स्थिर आयतनपर (स_अ) और दूसरा स्थिर दबावपर (स_द)

अगर किसी गैसको गरम करें और उसका आयतन स्थिर रखें तो सारी गरमी गैसको गत्यर्थक सामर्थ्य या अणुओंके वेगको बढ़ानेमें लग जाती है लेकिन अगर उसका आयतन स्थिर न रखें परन्तु उसका दबाव स्थिर रखे तो आदर्श गैसके नियमके अनुसार उसका आयतन बढ़ जावेगा। इस आयतनके बढ़नेमें गैस कुछ काम करती है। अबकी बारी कुछ गरमी गैसकी गत्यर्थक सामर्थ्य बढ़ानेमें लगेगी और कुछ बाहरी काम करनेमें लगेगी। अब हम इसका हिसाब निकालेंगे।

यह निकालनेके लिये कि गैस स्थिर दबावपर फैलनेमें कितना काम करती है एक बेलन में गैस लो जिसका मुँह चलती फिरती डाट से बन्द हो। मानलो कि गैस का दबाव d और आयतन a है और बेलन के सध्यच्छेद का क्षेत्रफल p है। गरम करने से गैस फैलकर ल इकाई लम्बाई ऊपर चढ़ आयो तो डाट जिसपर $d \times p$ डाइन का दबाव है, ल इकाई पीछे हटी। इसलिये गैस ने डाट पर $d \times p \times ख = d (p \times ख)$ अर्ग काम किया लेकिन $p \times ख =$ आयतनमें परिवर्तन इसलिये, काम $=$ दबाव \times आयतनमें परिवर्तन। चाहे डाट हो या नहो काम उतने ही के बराबर होता है।

एक ग्राम गैस लो जिसका आयतन v , दबाव और t , तापक्रम पर a , हो। स्थिर आयतनपर गैस का तापक्रम 1° बढ़ाने के लिये कुछ गरमी सञ्च को आवश्यकता होगी, जहाँ सञ्च $=$ उसी गैस का आपेक्षिक ताप स्थिर आयतन पर। लेकिन अगर गैस का आयतन स्थिर न रखा जाय और उसका दबाव स्थिर रखा जाय तो उसका आयतन बढ़ जायगा। इस आयतनके बढ़नेमें गैस कुछ बाहरी काम करेगी। इस कारण 1° तापक्रम बढ़ानेमें अब अधिक

गरमी स_द की आवश्यकता होगी। स_द और यह अधिक गरमी उस कामके तुल्य होगी जो कि गैस करती है। इसलिये गैस का काम = ज (स_द—स_अ)। अगर (त_१ + १)° पर गैस का आयतन अ_२ हो जाय तो गैस का काम

$$= d (\text{आयतन में परिवर्तन})$$

$$= d (\text{अ}_2 - \text{अ}_1)$$

$$= r [(\text{त}_1 + १) - \text{त}_1] \text{ आदर्श गैसके नियमके अनुसार}$$

$$= r$$

$$\text{ज (सद—सअ)} = r$$

अगर हम अणुभार म से गुणा करदें, तो

$$\text{जम (सद—सअ)} = \text{मर}$$

$$= \text{ग्रामअणुके लिये गैस स्थिरांक}$$

र गैस स्थिरांक है जिसका मान हमें मालूम है। वस अगर

हम स_द और स_अ जानले तो ज निकल सकता है। उदाहरणके लिये—

उदजन के लिये मस_द = ७ कलारी

$$\text{मसअ} = ५ \text{ ,,}$$

$$\text{मर} = \frac{\text{द. अ.}}{\text{त}_0} = \frac{७६० \times १३.६ \times १८१ \times २२.३ \times १०^३}{२७३}$$

$$= ८.३६ \times १०^७ \text{ अर्ग}$$

$$\text{ज} = \frac{८.३६ \times १०^७}{२} = ४.१८ \times १०^७ \text{ अर्ग}$$

ज के निकालने को एक विद्युत् विधि भी है जिसका हाल विद्युत् को किताब से मिलेगा।

अभ्यासके लिये प्रश्न

- १—वसरेणु क्या है ? मध्यदेश किसे कहते हैं ?
- २—फैलावके वास्तविक कारण क्या है ?
- ३—गरमी कहा कहासे किस प्रकार आती है ?
- ४—ताप और प्रकाशकी लहरोंमें क्या भेद है ?
- ५—सामर्थ्य किसे कहते हैं ? ताप और सामर्थ्यमें क्या सम्बन्ध है ?
- ६—लहरें कैसे उत्पन्न होती हैं ? लहरोंके किस गुणपर उनकी भिन्नता निर्भर है ? भिन्न प्रकारकी लहरोंका ज्ञान कैसे होता है ?
- ७—जूलका सिद्धान्त क्या है ?
- ८—तापका यांत्रिक तुल्याक किसे कहते हैं ? प्रयोगशालामें ज का मान किस प्रकार निकाला जा सकता है ?
- ९—रोलैण्डके यन्त्रकी क्या विशेषता है ?
- १०—गैसके स्थिरायतन और स्थिर दबावके आपेक्षिक तापोंमें किस प्रकार ज निकाल सकते हैं ?

शब्दानुक्रमिका

अणु, molecule १५०

अणुताप, molecular heat ९३

अति तप्त भाप, super heated steam १०७

अंश, degree २१

आदर्श गैस, ideal gas ६७, समीकरण equation ७८

आदान बल, absorptive power १३१

आपेक्षिक घनत्व, relative density ४३

आपेक्षिक ताप, specific heat ८२-९४

आर्द्र अवस्था, आपेक्षिक, relative humidity १४२

इंजन हाउज का प्रयोग ११८

इन्द्रम्, iridium ८१

उत्सेधमापक, hypsometer १८

उदजन, hydrogen ७६

उदजन का स्थिरायतन तापमापक, constant volume thermometer ७५

ओषजन, oxygen ७६

ओसांक, dewpoint १४२

कबर्न द्विआपिद, carbon dioxide ७६

कलारी, caloric, ८४

कलारीमापक, calorimeter ८४, ८७

— का जलतुल्यांक, water equivalent to ८९

कथनांक, boiling point २०

काम, work १४८

- किरण-नाभि, focus १२९
 किरणमापक, bolometer १३१
 कीप, funnel १७
 कुचालक, bad conductor ११६
 केल्विन माप, absolute scale ७७
 कृद् मापक hygrometer, १४१, डेनियल का १४१, रेनो
 का १४४, डाइन का १४५ नम और शुष्क वल्व १४६
 क्षेत्र प्रसार गुणक, coefficient of superficial expansion ३६
 खटिक हरिद, calcium chloride १३८
 खुली डण्डी शोधन, exposed stem correction २६
 गढ़े हुए समीकरण, empirical equations १४६
 गतिक सामर्थ्य, kinetic energy १५७
 गरमीका फैलना ११५-१३६
 गरमी क्या है ? १४८
 'गरमी की समाई, capacity for heat ८५
 गुप्त ताप, latent heat ९४-११०
 — बरफ का of fusion ९८
 — भाप का, of steam ९८
 गैस, gas २ आदर्श, ideal ६७
 — का प्रसार, expansion of, ७०
 — का आपेक्षिक ताप, specific heat ९०
 — समीकरण, gas equation ७८
 — स्थिरांक, gas constant ७९
 घनत्व पर तापक्रम का प्रभाव ५३

घन प्रसार गुणक, coefficient of cubical expansion

३७ गैसों का ७१

घुंड़ी, bulb, ६

चकरी, pulley १५३

चलन, conduction ११५

चार्ल्स का नियम ७५

चूल्ह नली, u-tube ६

छड़, rod ४

‘ज’ J, निकालने की विधि १५५, १५६

जल समीर, sea breeze १२८

जूल, Joule, का नियम १५२ प्रयोग १५३

जौली का भाप कलारी, मापक steam calorimeter १०८

टिंडल का प्रयोग ४८, १०७

ठण्डे होने का नियम, law of cooling १३३

— इससे द्रव का आपेक्षिक ताप निकालना १३४

ठोस, solid २

— का प्रसार, expansion ३१-४२

डाइनका क्लेदमापक १४५

डांडी, paddle १५३

इल्लोग और पेट्रीट का नियम ९२

डेनियलका क्लेदमापक १४१

तल मापक, cathetometer ८१

ताप, heat १

तापका यांत्रिक तुल्यांक, mechanical equivalent of heat १५३

तापक्रम, temperature ९-१४

- तापक्रम गिराव, temp gradient १२०
 ताप गति विज्ञान, thermodynamics १५३
 ताप चालकता, thermal conductivity ११९
 तापमापक, thermometer १३, १४-३०
 — , उदजन का स्थिरायतन ७५
 — , कम से कम और अधिक से अधिक तापक्रम
 बतलाने वाला, maximum and minimum २८
 — , ज्वर देखने का, clinical २७
 , भेद दर्शक वायु तापमापक, differential air
 २९, १३०
 ताप विद्युत् पुंज, thermopile १३१
 ताप विद्युत् युग्म, thermocouple १३०
 तापस्थक, thermostat ९१
 त्रुटियाँ, errors ८९
 थर्मो, thermoflask ११८
 थल समीर, land breeze १२८
 दबाव, pressure १९
 दबाव गुणक, coefficient of pressure ७२
 दबाव मापक, manometer १९
 दानबल, emissive power १३१
 द्रव, liquid ३
 — का आपेक्षिक ताप, ९०
 — का प्रसार, ४९-५९
 निकलम्, nickel ३९
 नम और शुष्क बल्ब क्लेद मापक, wet and dry bulb

hygrometer १४६

नली, tube १६

निरपेक्षशून्य, absolute zero ७७

नोपजन, nitrogen ७६

न्यूटन का ठ'ड़े होने का नियम, १३३

पख, vanes १५३

पदार्थ का फैलना, ३-९

परमाणु ताप atomic heat ९३

परमाणुवाद, atomic theory १४९

पररौप्यम्, platinum ३९

परावर्तन, reflection १२७

पहिया, घड़ी का, balance wheel ४१

पानी का प्रसार, expansion of water ४३-४८

पारा, mercury १४

पारा तापमापक का शोधन, २५

पुनर्हिमन, regelation १०७

प्रत्यक्ष प्रसार, apparent expansion ४९ गुणक ५३

प्रत्यक्ष प्रसार मापक, dilatometer ५०

प्रयोगशाला कलारी, ८४

प्रसार, expansion ३१, गैसोंका ७० ठोसोंका ३१, द्रवोंका ४९, पानीका ४३,

— , प्रत्यक्ष, ४९, वास्तविक ५२,

फारनहैट, Fahrenheit २२

वर्थेलो का यन्त्र १०१

घर्ष कलारी मापक, ice calorimeter १८५

वार्यत्वका नियम, ६४, ६६

बिम्बित करना, to focus ३५

बिस्लोर, quartz २६

बुन्सन का बर्फ कलारी मापक १०५

भाप कलारी मापक, steam calorimeter, जौली का १०८

भाप का दबाव, vapour pressure १४०

भार मापक barometer ५९ फोर्टिन का ६२

भेद दर्शक वायु तापमापक, differential air thermometer २९, १३०

मध्यच्छेद, cross-section १२१

मभम कलारी, ८४

युग्म, couple १५५

रगड़, friction १५४

रबर की चलन शक्ति, १२२

रासायनिक क्लेदमापक, chemical hygrometer १४६

रिटशी का यन्त्र १३२

रेनोका क्लेदमापक १४४

रोमर, Reaumer २२

रोलैण्डका प्रयोग १५४

लटकन, pendulum ३९

लम्बप्रसार गुणक, coefficient of linear expansion ३१

— , नापने की तुलना विधि, comparative method ३४

लेसली का भेददर्शकवायुतापमापक २९, १३०,

वर्षा, ओस, तुषार १३७

वायुव्य, gas २

वायुमंडल का दबाव, atmospheric pressure ६१

वाष्पयन्त्र, steam engine १११-११५

वास्तविक प्रसार, true expansion ५२

—, गुणक, coeff of ५६

विनिमय सिद्धान्त, theory of exchange १३५

वेग, velocity १५४

व्युत्क्रम का तापक्रम ६७

शतांश, centigrade २१

शून्य कलारी, ८४

शून्य पम्प, vacuum pump १०८

शैलिका, silica, ३९

स अ, C_v ९०, ९१, १५६

स द, C_p ९०, ९१, १५६

सन्तापक्रमक वक्र, isothermal curve ६८

समाई, capacity ८५

सम्पृक्त, saturated १३९

सर्लका यन्त्र, १२०

सामर्थ्य, energy १४९

सुचालक, good conductor ११६

सुशोषक १२७

सूक्ष्म दर्शक, microscope ३२

स्टोफेन का नियम १३५

स्थिरावतन ताप मापक, constant volume thermo-
meter

—	उद्जन ७५
—	गैस ७९
—	प्रामाणिक ८०

हिमजन, helium ७६

हिमांक, freezing point १८

हिमांक शोधन, zero correction २५

होप का प्रयोग ४४

